

KEMI-TORNION AMMATTIKORKEAKOULU TEKNIikka

Puhakka Veli-Matti

Kemi-Tornion ammattikorkeakoulun automaatiolaboratorion ja vesiprosessin sähkösuunnittelu

Sähkötekniikan koulutusohjelman opinnäytetyö
Sähkövoimatekniikka
Kemi 2010

ALKUSANAT

Haluan kiittää tuesta ja neuvoista Aila Petäjäjärveä ja Jouko Alanivaa, jotka toimivat ohjaajinani tässä opinnäytetyössä sekä koko Kemi-Tornion ammattikorkeakoulun tekniikan yksikköä, jonka puitteissa sain työni tehdä.

TIIVISTELMÄ

Kemi-Tornion ammattikorkeakoulu, Tekniikan yksikkö	Sähkötekniikka
Koulutusohjelma	Veli-Matti Puhakka
Opinnäytetyön tekijä	Kemi-Tornion ammattikorkeakoulun
Opinnäytetyön nimi	automaatiolaboratorion ja vesiprosessin
	sähkösuunnittelu
Työn laji	Opinnäytetyö
Päiväys	1.12.2010
Sivumäärä	39 + 11 liitesivua
Opinnäytetyön ohjaaja	Ins. Jouko Alaniva, Ins. Aila Petäjäjärvi
Yritys	Kemi-Tornion ammattikorkeakoulu
Yrityksen yhteyshenkilö/valvoja	Ins. Aila Petäjäjärvi

Kemi-Tornion ammattikorkeakoulun tekniikan tilojen saneeraustöiden myötä myös automaatiolaboratoriotilojen sähkön syötöt muuttuvat. Uusi prosessin sähkönsyöttö ja ristikytkentä sijoitetaan nykyiseen ristikytkentätilaan. Opinnäytetyöni aihe oli suunnitella ja päivittää Kemi-Tornion ammattikorkeakoulun automaatiolaboratorion vesiprosessin sähköistykset. Sähköistykset tuli suunnitella nykystandardien mukaisiksi.

Työn tavoitteena oli luoda suunnitelma vesiprosessin sähköistyksen osalta, johon sisältyi moottorilähtöjen suunnittelu vaihtoehtoisine ratkaisuneen, kaapelihyllyjen uudet reittisuunnitelmat ja uuden keskuksen kuormitustehojen ja sen koon määrittäminen sekä voimasähkölaitteiden laitekartoitus. Vesiprosessin moottorilähdöille etsittiin useampia ratkaisuja, jotka edustavat niin sanotusti nykyaikaa.

Työssä tutustuttiin moottorilähtöihin ja moottorilähtöjen standardeihin. Työssä on käsitelty yhteensä kolme vaihtoehtoista ratkaisua ja tehty yksi suunnitelma, johon sisältyvät myös piirikaaviot. Piirikaavioiden suunnittelussa on käytetty SFS-16-käsikirjan mukaisia standardeja moottorilähtöjen suunnittelussa. Piirikaaviot piirrettiin CADS Planner -suunnitteluohjelmalla. Vaihtoehtoisia ratkaisuja etsittiin valmistajien verkkosivuilta ja pyrkimyksenä oli löytää ratkaisuja, jotka palvelisivat käytön lisäksi myös oppimisympäristöä.

Johtoteiden uudelleen suunnittelussa oli tarkoituksena suunnitella vesiprosessille ja automaatiolaboratoriolle uudet kaapelihyllyjen reititykset. Kaapelihyllyinä käytettäisiin vanhoja jo käytössä olevia kaapelihyllyjä. Saneerauksen yhteydessä kaikki kaapeloinnit purettaisiin ja kaapelihyllyjen uudelleen sijoittelu voitaisiin tehdä uusiin tiloihin optimaaliseksi käytön ja asennuksen kannalta. Kaapelihyllyjen suunnittelussa käytettiin apuna CADS Planner -suunnitteluohjelmaa.

Asiasanat: moottorilähdöt, sähkökeskus, johtotiet

ABSTRACT

Kemi-Tornio University of Applied Sciences, Technology	
Degree Programme	Electrical Engineering
Name	Puhakka Veli-Matti
Title	Electrical design of the automation laboratory and its water process at the Kemi-Tornio University of Applied Sciences
Type of Study	Bachelor's Thesis
Date	1 December 2010
Pages	39 + 11 appendices
Instructor	B.Sc.Eng Aila Petäjäjärvi, B.Sc.Eng Jouko Alaniva
Company	Kemi-Tornio University of Applied Sciences
From Company	B.Sc.Eng Aila Petäjäjärvi

The premises of the Kemi-Tornio University of Applied Sciences are under renovation. As a result of that, the electrifying of the automation laboratory has to be re-designed. The new electrical center and the cross connection are to be placed in its current location. The theme of this thesis was to design and update the electrifying of the water process at the automation laboratory. The electrifying should be designed according to modern standards.

The goal of the thesis was to plan the electrifying of a water process. It included designing of motor starters and alternative solutions, new wiring, electrical center and mapping of power electric equipments. Quite a few motor control center solutions had to be taken into account in the designing. The solutions were represented by modern standards.

In the study, one became acquainted with the motor control centers and its standards. The thesis does process in all three alternatives about MCC and one extended design, which also includes wiring diagrams. When designing the wiring diagrams, standards of SFS-26 were used. The wiring diagrams were drawn with CADS planner program. Alternative solutions were searched in producer web sites. The goal was to found solutions, which serve both user and learning environments.

When re-designing the wirings, new plans for the cable racks routers were made for the automation laboratory. Old cable racks were to be re-used. During renovation all wirings will be dissembled and therefore a new placement of the cable racks could be made ideal for installation and future using purposes. CADS planner was used for cable rack planning.

Keywords: motor control centers, electrical center, wirings

SISÄLLYSLUETTELO

ALKUSANAT	I
TIIVISTELMÄ	II
ABSTRACT	III
SISÄLLYSLUETTELO	IV
KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET	VI
1. JOHDANTO	1
2. AUTOMAATIOLABORATORION VESIPROSESSI	2
2.1. Vesiprosessi	2
2.2. Osaprosessit	2
2.2.1. Osaprosessi 1	2
2.2.2. Osaprosessi 2	3
2.2.3. Osaprosessi 3	4
2.3. Vesiprosessin sähkönsyötön nykyiset ratkaisut	5
2.3.1. Nykyinen keskus	6
2.3.2. Nykyiset moottorilähdöt	6
2.3.3. Ristikytkentä	7
3. LAITEKARTOITUS	8
3.1. Vesiprosessin moottorit	8
3.2. Vesiprosessin taajuusmuuttajat	8
3.3. Instrumenttilaitteisto	9
4. SÄHKÖSUUNNITTELU	10
4.1. Lähtökohdat	10
4.2. Standardit	11
4.2.1. SFS-käsikirja 16	11
4.2.2. Laboratoriotiloja koskevat standardit	11
4.3. Moottorilähdöt	12
4.3.1. Toteutus	12
4.3.2. Suoralähtö	13
4.3.3. Päävirtapiiri	13
4.3.4. Ohjausvirtapiiri	16
4.3.5. Taajuusmuuttajalähtö	19
4.3.6. Vaihtoehtoiset ratkaisut	20
4.3.7. I vaihtoehtoinen ratkaisu	21
4.3.8. II vaihtoehtoinen ratkaisu	23
4.3.9. III vaihtoehtoinen ratkaisu	25
4.4. Keskus	28
4.4.1. Teoriaa	28
4.4.2. Keskukseen tulevat sähkökomponentit	31
4.4.3. Vesiprosessin sähkönsyötön tarve	32
4.4.4. Kuormitustehot	32
5. JOHTOTIET	34
5.1. Kaapelihiyllyt	34
5.2. Johtoteiden määrittely	35
5.3. Johtoteiden suunnittelu	36
5.4. Reittisuunnitelma	37

6.	YHTEENVETO	39
7.	LÄHDELUETTELO	40
8.	LIITELUETTELO	42

KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

EV	Electronic valve, Magneettiventtiili
HV	Hand valve, Käsiventtiili
LT	Level Transmitter, Pinnankorkeuden mittaus
PDT	Pressure Difference Transmitter, Paine-erolähetin
FL	Flow Transmitter, virtausmittaus
MCC	Motor Control Center
Burst-Firing	Kytkeytymistoiminto siniaallon nolapisteessä
TM	Taajuusmuuttaja

1. JOHDANTO

Tämän työn tarkoituksena oli tehdä esisuunnitelma Kemi-Tornion ammattikorkeakoulun automaatiolaboratorion sähköistysten muutoksista ja tarpeista tekniikan yksikön saneeraustöiden myötä. Esisuunnitelmassa luodaan vesiprosessin voimasähkölaitteiden sähkösuunnitelmat syöttöjen ja ohjausten osalta, suunnitellaan uudet kaapelireititykset, tehdään laitekartoitus vesiprosessin voimasähkölaitteista sekä määritellään automaatiolaboratorion työpisteiden ja moottoreiden kuormitustehot.

Esisuunnitelmassa tehtiin selvitystä moottorilähtöjen nykyaikaisista ratkaisuista, joita voitaisiin vesiprosessin moottorilähdöissä käyttää ja antaisi myös puitteet opetusympäristönä modernin laitteiston esittämiseen. Laboratoriotiloja koskevien standardien ja kuormitustehojen määrittämisen puitteissa voitiin tehdä suunnitelma työpöytiä ja vesiprosessia syöttävälle sähkökeskukselle.

2. AUTOMAATIOLABORATORION VESIPROSESSI

2.1. Vesiprosessi

Kemi-Tornion ammattikorkeakoulun automaatiolaboratoriosta löytyy opetuskäyttöön suunniteltu vesiprosessi. Prosessiaineena on nimen mukaisesti vesi. Vesiprosessi koostuu seitsemästä säiliöstä ja kolmesta osaprosessista, joissa oppilaat harjoittelevat erilaisia ohjaus- ja säätöjärjestelmien käyttöä. Osaprosessit voidaan erottaa muusta prosessista itsenäisiksi toimijoiksi. Vesiprosessin tarkoituksena on antaa kuvaus käytännön työelämässä tapahtuvista ohjaus- ja prosessitekniikan työtehtävistä. /1/

Vesiprosessiin on asennettu useita instrumentteja mittauksia ja ohjauksia varten. Prosessissa on erimuotoisia säiliöitä, joilla on pystytty tekemään ohjausteknillisiin arvoihin vaikuttavia seikkoja. Vesiprosessiin sisältyy myös pumppuja, putkistoja, jäähdytin, öljykattila ja lämmönvaihdin. /1/

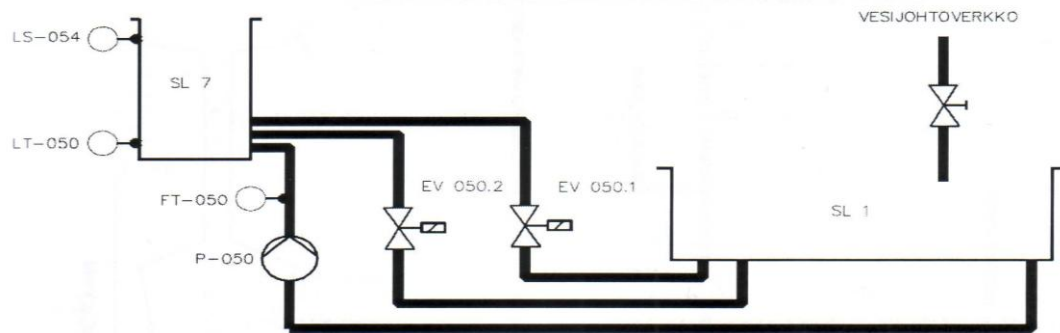
Vesiprosessia voidaan ohjata useista ohjauspaikoista, jotka ovat rakennettu automaatiolaboratorioon. Ohjauksia voidaan tehdä ohjelmoitavilla logiikoilla tai automaatiojärjestelmillä.

2.2. Osaprosessit

Vesiprosessi on jaoteltu osaprosesseihin. Osaprosessit voidaan ohjata kokonaan itsenäisesti toimiviksi käyttämällä käsiventtiilejä. Osaprosesseissa käytetään kahta tai kolmea prosessin säiliötä.

2.2.1. Osaprosessi 1

Kuvassa 1 on esitetty vesiprosessin säiliöt SL 1 ja SL 7. Säiliöt on sijoitettu niin, että SL 1 on alempana kuin SL 7. SL 1 on vesiprosessin varastosäiliö, jota voidaan täyttää käsiventtiilin avulla. Vesi lasketaan suoraan vesijohtoverkostosta. Säiliöiden välillä kierrätetään vettä taajuusmuuttajaohjatun pumpun (P-050) avulla. Osaprosessi sisältää kaksi kappaletta magneettiventtiileitä (EV-050.1, EV-050.2), yksi kummassakin poistovesiputkessa. Magneettiventtiileillä voidaan käynnistää tai pysäyttää poistoveden virtaus. Poistovesi laskeutuu takaisin syöttösäiliöön hydrostaattisen paineen avulla. /9/



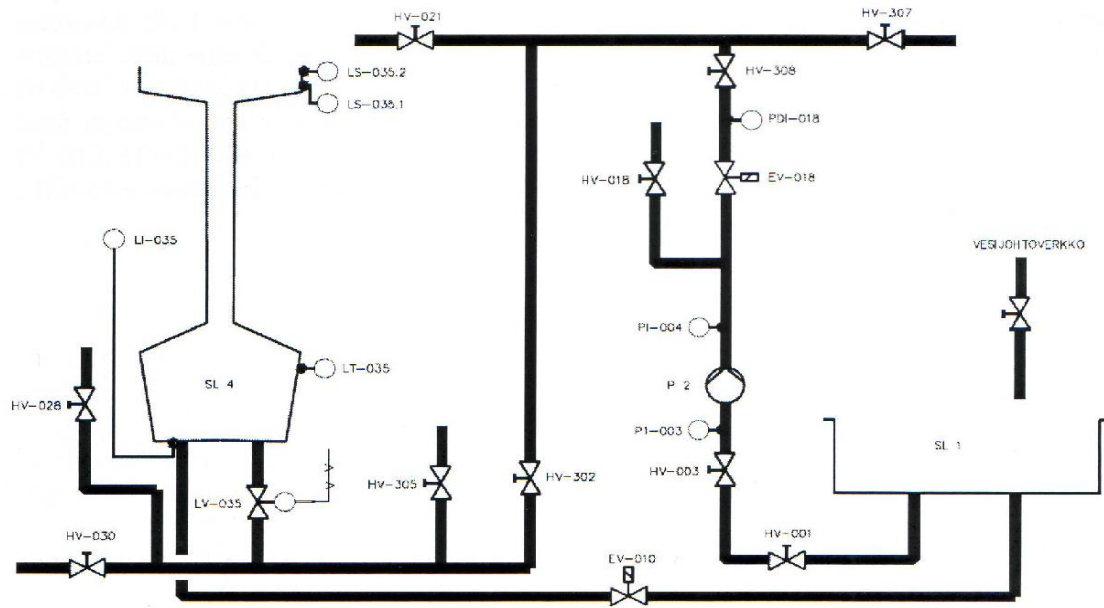
Kuva 1. Osaprosessin 1 PI-kaavio /21/

Osaprosessin 1 mittaustiedot saadaan instrumenteilta FT-050, LT-050 ja LS-054. FT-050 on paine-eroon perustuva virtausmittari, jossa on myös lähetin. LT-050 on hydrostaattiseen paineeseen perustuva pinnankorkeusmittari, joka niin ikään sisältää lähtetimen. Kummankin mittauksen mittaustieto lähetetään virtaviestinä ohjausjärjestelmälle. LS-054 on kapasitiivinen anturi, joka viestii, kun säiliö on täynnä. /9/

Osaprosessi 1:n tarkoituksena on ohjata taajuusmuuttajalla pyörivää pumppua halutun pinnakorkeuden saavuttamiseksi. Säädön tulisi pitää pinta myös halutun korkuisena. Taajuusmuuttajan taajuusohje määräytyy osaprosessin mittalaitteiden lähettämien virtaviestien mukaan, jotka käsitellään ohjausjärjestelmässä. Osaprosessi 1:lle saadaan luotua häiriötekijä säiliön 1 radikaalilla täyttöasteen muutoksella. Muutos aiheuttaa poistoveden putkistossa vastapaineen voimakkuuden muuttumisen. /9/

2.2.2. Osaprosessi 2

Toinen osaprosessi (kuva 2) koostuu säiliöistä SL 4 ja SL 1 (varastosäiliö). Osaprosessi 2:n vedenkierrätyksestä huolehtii P2 pumppu. Pumppu P2 on taajuusmuuttajaohjattu. Osaprosessi 2 erotetaan itsenäiseksi sulkemalla kuvassa 2 esiintyvät käsiventtiilit HV-307, HV-018, HV-021, HV-305, HV-030 ja HV-028. Virtausreitti osaprosessille 2 saadaan jättämällä auki käsiventtiilit HV-001, HV-003, HV-008 ja HV302. /9/



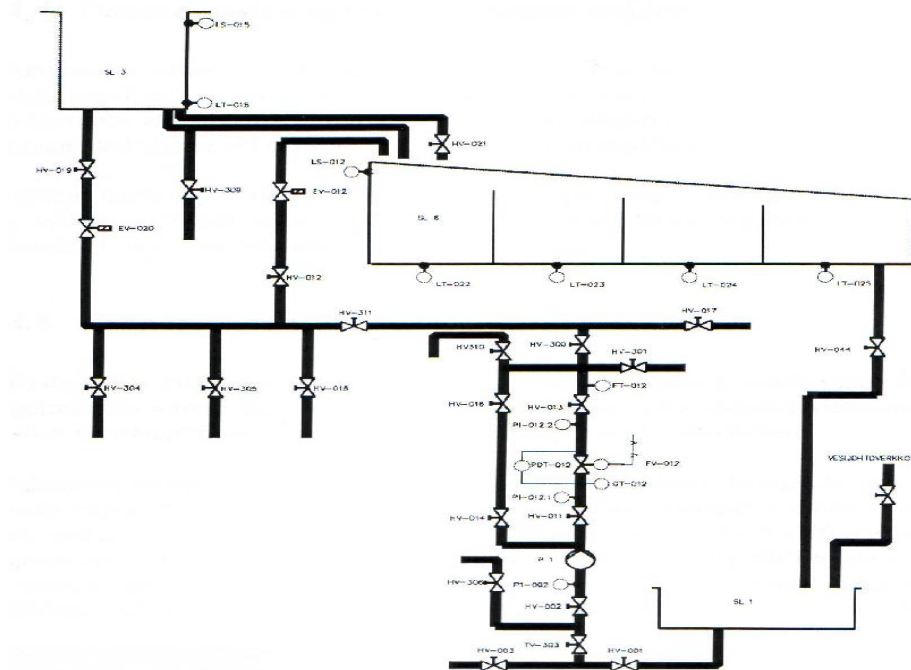
Kuva 2. Osaprosessin 2 PI-kaavio /9/

Osaprosessin 2 mittaustiedot saadaan paine-eromittareilta PI-003 ja PI-004, painemittarilta PDI-018, pinnankorkeusmittarilta LT-035, pinnanosoittimelta LI-035 sekä kapasitiivisilta raja-antureilta LS-035.1 ja LS-035.2. SL 4:n pinnanosoitus on tehty ohueen läpinäkyvään muoviputkeen, josta voi tarkkailla pinnan korkeutta. Taso ei ole yhtä todellinen kuin staattisessa tilassa. /9/

Säiliön SL 4 täyttö tapahtuu venttiileiden EV-018 ja LV-035 kautta. EV-018 on magneettiventtiili ja LV-035 säätöventtiili, jonka asento pystytään määrittämään. LV-035 tottelee analogista virtaviestiä. Säiliö voidaan tyhjentää magneettiventtiilin EV-010 ollessa auki. Varastosäiliön SL 1 täyttöaste vaikuttaa veden purkunopeuteen ja lopulliseen pinnantasoon. Osaprosessi on yksikapasitiivinen, koska siinä käytetään vain yhtä varastosäiliötä ja merkittävää viivettä ei tilan muutoksen ja ohjauksen välillä esiinny. Osaprosessissa 2 saadaan haastetta säiliön SL 4 muotoilulla. Kapealla keskiosalla veden pinnan liikkuminen on nopeampaa. Kapea keskiosa vaikuttaa suuresti askelvasteeseen. /9/

2.2.3. Osaprosessi 3

Osaprosessiin 3 kuuluvat säiliöt SL 1(varastosäiliö), SL 3 ja SL 6. Osaprosessi voidaan erottaa muusta prosessista omaksi itsenäisesti toimivaksi järjestelmäksi sulkemalla käsiventtiilit HV-003, HV-306, HV 301, HV310, HV-018, HV-305, HV-304, HV-021 ja HV-003. Osaprosessissa 3 veden virtaus sallitaan asettamalla käsiventtiilit HV-001, HV-002, TV-002, HV-011, HV-013, HV-300, HV-311, HV-012, HV-019 ja HV- 044. Osaprosessin 3 säätöventtiili FV-012 voidaan ohittaa käsiventtiilien HV-014 ja HV-016 kautta. /9/

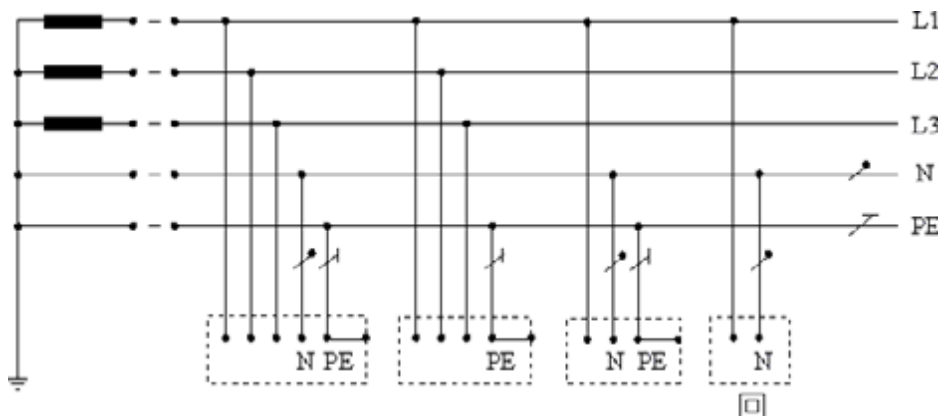


Kuva 3. Osaprosessi 3 /9/

Osaprosessin 3 mittaustiedot saadaan paine-eromittarilta PDT-012, asentolähettimeä GT-012, SL 3 pinnankorkeusmittaus pinnankorkeusmittarilta LT-015 ja SL 6:n jokaisesta lohkoista pinnankorkeustiedot pinnankorkeusmittareilta LT-022, LT-023, LT-024 ja LT-025. Osaprosessissa 3 vettä kierrätetään pumpun P1 välityksellä. Pumpun moottoria ohjataan taajuusmuuttajalla. Veden virtaus sallitaan säiliöihin magneettiventtiilien EV-020 ja EV-012 kautta. Järjestelmästä saadaan automaation kannalta 2-5 kapasiteettiseksi riippuen mistä kohdasta pinnankorkeuden tilaa mitataan säiliöstä SL 6. Kapasiteettiluku voi vaihdella ajon aikana säiliöiden tilojen mukaan ja tämä taas vaikuttaa askelvasteeseen, jolloin säätöparametrit eivät anna optimaalista lopputulosta. /9/

2.3. Vesiprosessin sähkönsyötön nykyiset ratkaisut

Vesiprosessin vanha sähkösyöttö tulee jakokaapilta JK-B1.14 ja osittain JK-B1.10. Sähkön syöttöä on jouduttu hajauttamaan eri keskuksille laitteistojen suojauksien soveltuvuuden vuoksi. Keskusten lähdöt on varustettu pääasiassa tulppasulakkeilla, mutta myös lisättyjä johdonsuoja-automaatteja on muuttamia. Automaatiolaboratorion sähkönsyöttö on TN-S-järjestelmän mukainen (kuva 4).



Kuva 4. TN-S-järjestelmä /11/

2.3.1. Nykyinen keskus

Automaatiolaboratorion sähkökeskus (JK-B1.14) on Osomet Oy:n valmistama 39 tulppasulakepaikalla ja 125 A:n pääkytkimellä varustettu keskus. Keskus sisältää myös 100 A:n varokeytimen suurempia syöttöjä varten. Keskuksesta on hoidettu koko automaatiolaboratoriotilan syötöt. Keskuksesta ovat lähdöt valaistukselle, pistorasioille ja moottorilähdöille. Keskus koostuu kymmenestä kennosta, joihin on istutettu eri laitteistoja. Kennoja on varustettu vaihekohtaisilla virtamittauksilla, vaihejännitteiden mittauksilla, moottorilähdöillä sekä DC- ja AC-voimanlähteillä. Keskuksen syötöt ovat kaikki yhden vikavirtasuojan takana.

2.3.2. Nykyiset moottorilähdöt

Vesiprosessin moottorilähdöt ovat pääasiassa pumppukäyttöjä. Mukaan mahtuu myös kaksi puhallinkäyttöä. Moottorilähtöjä on yhteensä kahdeksan, joista neljä taajuusmuuttajakäyttöisiä ja neljä suoraa lähtöä. Taajuusmuuttajakäyttöiset moottorilähdöt saavat syöttönsä muista prosessisyötöistä poiketen jakokaapilta JK-B 1.10. Syynä tähän on vikavirtasuojakytkin, joka on kaikilla jakokaapin JK-B 1.14 lähdöillä yhteinen. Moottorilähtöjen määrä ei muutu tilojen saneerauksen yhteydessä, joten uusien lähtöjen toteutuksessa voidaan käyttää vanhoja tietoja hyväksi.

Vesiprosessin moottorilähtöjen dokumentaatiota löytyi muutamien suorien lähtöjen osalta. Lähtöjen toteutus oli tehty ns. vanhalla systeemillä, jossa lähdön muodostivat etusulakkeet, kontaktori ja lämpörele. Taajuusmuuttajalähtöjen etukojeena toimivat tulppasulakkeet. Suorienmoottorilähtöjen ohjaus voitiin valita joko automaattikäyttöiseksi tai käsiohjauksella toimivaksi. Ohjauspuolelta vietiin käyntitieto ohjausjärjestelmälle. Ohjauspuolelle ei ollut rakennettu releistystä vikatietoja varten.

2.3.3. Ristikytkenä

Ristikytkenän nykyinen sähkönsyöttö on hoidettu Mascotin 24VDC/3A-tasasähkömuuntajalla ja vaihtosähkömuuntajalla 24VAC/2A. Muuntajat on sijoitettu jakokeskukseen JK-B 1.14. Jakokeskuksessa on varattu erillinen kenno muuntajia varten. Muuntajilla hoidetaan vesiprosessin instrumenttilaitteiden sähkönsyöttö. Syöttö instrumenteille tapahtuu ristikytkenän kautta.

3. LAITEKARTOITUS

Työn suorittaminen aloitettiin laitekartoituksella. Laitekartoituksella selvitettiin vesiprosessin laitteistot voimavirtapuolelta. Osiossa tutustutaan tarkemmin vesiprosessin voimasähköä käyttäviin laitteistoihin. Heikkovirtapuolen laitteistoa ei esitellä niin tarkasti, koska työ painottuu nimenomaan vahvavirtapuolen laitteistoihin. Voimasähköpuolen laitteisiin vesiprosessissa kuuluu moottoreiden ja taajuusmuuttajien lisäksi muutama virtausmittari.

Laitekartoituksen tarkoituksena on saada tietopohja sähködokumenttien suunnittelulle. Laitekartoitus antoi kuvausta siitä, mitä suunnittelussa tuli ottaa huomioon ja siitä minkälaisia ratkaisuja käytettäisiin uusien dokumenttien laatimisessa. Laitekartoituksella saatiin myös selville, mitä puutteita vanhoissa vesiprosessin PI-kaavioissa esiintyy. Laitteistoa on ajan kuluessa lisäilty tai poisteltu, joten PI-kaavioissa esiintyi muutamissa kohtaa tarvetta päivityksille.

3.1. Vesiprosessin moottorit

Vesiprosessia esiintyy sekä yksi- ja kolmivaiheisia moottoreita. Moottorit toimivat vaihtojännitteellä 230/400 voltia. Vesiprosessin moottoreiden tiedot on kerätty suoraan niiden arvokilvistä. Sähkömoottorit ovat vesiprosessissa suurin sähkönkäyttäjä. Vesiprosessin moottoreista suurin osa on pumppukäyttöjä.

Taulukko 1. Vesiprosessin moottorit

Valmistaja	Malli	Teho(W)	I(Y/D)	U(Y/D)	~	rpm	Määrä
ABB	M2AA 100 LA-4	2200	4,9/8,9A	380/220V	3	1430	1kpl
Strömberg	HXUR 208C2 B3	2200	3,1/5,3A	660/380V	3	1410	1kpl
Oy Kolmeks Ab	AP-20/2	250	0,7/1,2A	400/230V	3	3000	1kpl
Oy Kolmeks Ab	AHV-25/2N	60	0,2/0,35A	380/220V	3	3000	1kpl
Grundfos	UPS 25-40	max.60	0,26A max	230V	1		2kpl
AEG	EB 95C 35/2	90	0,85A	230V	1	2740	1KPL
Strömberg	HXUR 188A2	1500	3,7A	690/400	3	1500	1kpl

3.2. Vesiprosessin taajuusmuuttajat

Vesiprosessiin kuuluu neljä kappaletta taajuusmuuttajia. Taajuusmuuttajia on kolme ABB:n valmistamia ja yksi Vaconin valmistama. Taajuusmuuttajilla ohjataan vesiprosessin

kolmea pumppukäyttöä ja yhtä tuuletinmoottoria. Taulukossa 2 esitellään taajuusmuuttajat lyhyesti.

Taulukko 2. Vesiprosessin taajuusmuuttajat

Malli	P_N (kW)	I_N (A)	I_{OVER} (A)	I_1 (A)	~	U(V)
ACS 201-1P1-1	0,55	3	4,5	6,6	1	208/240
ACS 301-4P1-3	2,2	6,3	9,3	7,5	3	380/480
ACS 550-01-06A9-4	3/2,2	5,4	6,9	6,9	3	380/480
NXS 00045A2H1SSS	1,5	3,3	5	4,3	3	380/500

Taulukon 2 taajuusmuuttajilla ohjataan vesiprosessin neljää suuritehoisinta moottoria.

3.3. Instrumenttilaitteisto

Automaatiolaboratorion vesiprosessi sisältää useita kymmeniä instrumenttilaitteita. Prosessin säiliöihin ja putkistoihin on asennettu virtausmittareita, painemittareita, paineromittareita, lämpömittareita, pinnankorkeusmittareita, magneettiventtiileitä ja magneettisia virtausmittareita.

Magneettiset virtausmittarit ovat prosessin ainoita instrumentteja, jotka käyttävät toimiakseen verkkojännitettä. Muut prosessin instrumenttilaitteistosta käyttävät joko 24 VDC tai 24 VAC.

Magneettiset virtausmittarit:

- Rosemount Model 8742C, 90-250VAC/max.10W
- Endre+Hauser Proma P, 6200DC19000.

4. SÄHKÖSUUNNITTELU

4.1. Lähtökohdat

Kemi-Tornion ammattikorkeakoulun tekniikan alalle on suunnitteilla saneerausurakka, johon kuuluu myös laboratoriotilojen uusiminen. Saneerausurakka vaatii kaikkien tilojen sähköistysten uudelleensuunnittelun ja asennuksen. Kaikki tilojen vanhat sähköistykset on tarkoitus purkaa ja suunnitella uudestaan.

Opinnäytetyö sijoittuu automaatiolaboratorioon, jossa aikaisemmin (otsikko 2.) esitelty vesiprosessi laitteineen sijaitsee. Opinnäytetyön aiheeksi annettiin vesiprosessin sähkönsyötön uudelleen suunnittelu. Työssä valmistuisivat suunnitelmat moottorilähtöjen piirikaavioista, kaapelireitit ja keskuskaaviot sekä suunnitelmat vaihtoehtoisista moottorilähdöistä. Sähkökuvien suunnittelussa työssä käytetään CADS Planner 13- ja AutoCad- suunnitteluohjelmia. CADS Plannerilla on tarkoituksena piirtää moottorilähtöjen piirrikaviot ja keskuskuvat. AutoCad-ohjelmalla piirrettiin kuvat kehikosta, johon vesiprosessi oli rakennettu ja sen avulla pystyttiin CADS-ohjelmalla piirtämään prosessin johdotusten reitit.

Moottorilähtöjen suunnittelun lähtökohtana oli suunnitella nykyaikaiset ratkaisut vesiprosessin moottorikäyttöihin. Moottorilähtöjen suunnittelussa käytiin läpi useampikin vaihtoehto, mutta tehtiin yksityiskohtainen suunnitelma vai yhdestä vaihtoehdosta. Liitteissä 1-7 on esitetty piirikaaviot vesiprosessin moottorilähdöistä. Suunnittelussa tuli punnita vaihtoehtoja toteutuksen sekä kustannuksien kannalta. Moottorilähtöjen perustana käytettiin uusimpia moottorilähtöihin liittyviä standardeja.

Sähkösuunnitelmat vesiprosessiin ristikytken osalta tässä työssä ovat rajallisemmat. Vanhat dokumentaatiot ristikytkenöistä pidetään ennallaan, joten instrumenttilaitteiden johdotusten tunnuksat ja nimet johtojen uusimisesta huolimatta pysyvät samoina. Johtomerkitöjä ei piirikaavioihin tehty, koska johdotukset nimetään uudelleen projektin edetessä. Työssä annetaan dokumentit moottorilähdöiltä ristikytkenälle tulevilta johdotuksilta. Ristikytkenöiden muutoksista ei vielä työn alkuvaiheessa tiedetty, joten työ ristikytken osalta rajattiin siihen, että annettiin dokumentointi kenttälaitteiden I/O-korttien johdotustiedoista, jonka tarkoituksena on auttaa lopullisen ristikytken suunnittelussa.

Uusien johdotusreittien suunnittelussa lähtökohta oli suunnitella uudet johtotiet laitteille, joiden paikat saneerausten vuoksi vaihtuvat. Vesiprosessin kaapelihyllyjen paikat tuli suunnitella sen mukaisiksi, että ne olisivat hyvin yhteen sopivat uusien johtoreittien kanssa.

4.2. Standardit

Sähkösuunnitelmat pohjautuvat SFS-standardeihin. Suunnittelussa huomioon otettiin laboratoriotiloja ja moottorilähtöjä koskevat standardit. Moottorilähtöjen piirikaavioiden suunnittelussa apuna käytettiin SFS-käsikirja 16:aa ja keskussuunnittelussa SFS-käsikirja 600:aa sekä SFS-154:ää. Osiossa kerrotaan standardeista ja miten niitä on suunnittelussa käytetty.

4.2.1. SFS-käsikirja 16

SFS-käsikirja 16:ta käydään läpi enintään 1000 V:n vakiosovelluksia moottorikäyttöille ja ohjelmoitavia ohjauksia. Käsikirjan uusin painos on valmistunut vuonna 2003. SFS-käsikirja 16 sisältää ohjeita kojeistojen, lähtöjen, ohjausten suunnitteluun ja hankintaan. Käsikirjassa esitellään moottorilähtöjen toiminnalliset ja kytkennälliset ratkaisut. Näitä nimitetään vakio-toiminnoiksi ja vakio-kytkennöiksi. /19/

Moottorilähdön vakio-toiminnoissa käydään läpi ohjausjärjestelmien yleiset vaatimukset ja ominaisuudet. Vakio-kytkentöjä koskevassa osuudessa käydään läpi ohjeita moottorikeskusten suunnitteluun ja esitellään automaatioon liittyvät sähkökeskuksen vakio-kytkennät. /19/

4.2.2. Laboratoriotiloja koskevat standardit

SFS-käsikirja 600 on pienjännitesähköasennuksia ja sähkötyöturvallisuutta käsittelevä standardisarja. Standardissa SFS 6000-8-803 määritellään sähkölaboratorioita koskevia standardeja. Standardit koskevat tilojen ominaisuuksia sähköturvallisuuden kannalta. Standardissa käsitellään laboratoriotilojen perussuojausmenetelmiä, vikasuojausta, tunnistamista sekä erotin- ja kytkintoimintoja. /20/

Työssä suunnittelun osalta standardeista eniten huomioon tuli ottaa laitteelliset suojaukset. Tilan käyttöön liittyvä perussuojauksen suunnittelu, kuten valvonta on rajattu työstä pois. Työtä koskevat standardit liittyvät suurelta osin vikasuojauksiin ja erotustoimintoihin. Määrätyt vikasuojaukset ja erotustoiminnot toteutetaan työn osalta jakokeskuksessa. Jakokeskukseen asennetaan suojalaitteet, jotka täyttävät laboratoriotiloja koskevat standardit. Liitteessä 8 on esitetty hätäseispiiri, joka vaaditaan laboratoriotiloihin tulevalle keskukselle. /20/

Vikasuojaus

Vikasuojauksella voidaan suojautua vaaratilanteilta, jotka aiheutuvat jännitteisten osien tai vikatilanteesta jännitteisiksi tulleiden jännitteelle alttiiden osien ja maan potentiaalissa olevien osien samanaikaisesta koskettamisesta. Vikasuojauksella ei voida suojautua jännitteisen osan ja nollajohtimen tai kahden eri vaiheissa olevan jännitteisen osan koskettamiselta. /20/

Vikasuojauksena laboratoriotilaan valittiin syötön automaattinen poiskytkentä. Syötön automaattisena poiskytkentänä käytettiin mitoitusvirraltaan 30 mA:n vikavirtasuojakytkintä. Vikavirtasuojaa voidaan käyttää laboratoriotilan kaikissa sähkönsyötoissä. /20/

Erottaminen ja kytkentä

Standardeissa määrätään laboratoriotiloihin asennettavaksi erotuskytkimet, joilla voidaan katkaista työskentelyalueen jännitteet. Oppilaitoksen sähköteknilliseen opetukseen käytetyissä laboratoriotiloissa erotuskytkimen tulee olla lukittavissa, jolloin oppilaat eivät pääse työskentelemään ilman valvontaa. /20/

Sähkölaboratorioissa tulee myös olla hätäkytkentää varten laitteisto, jolla työskentelyalueen jännitteen syöttö saadaan nopeasti katkaistua. Hätäkytkentään käytettävän kytkimen tulee olla helposti tunnistettavissa ja helposti luoksepäästävässä. Määräykset asettavat myös vaatimuksia keskusvalintojen ja suunnittelun suhteen. /20/

4.3. Moottorilähdöt

Automaatiolaboratorion vesiprosessissa on käytössä yhteensä kahdeksan moottorilähtöä. Suunnittelun lähtökohtana oli toteuttaa moottorilähdöt uusien standardimallien mukaisiksi. Moottorilähdöistä neljä kappaletta on taajuusmuuttajakäyttöä ja neljä suoraa lähtöä. Moottorilähtöjen toteutus on tehty SFS-käsikirja 16 mallin mukaisesti. Muutamia poikkeuksia standardeista jouduttiin esim. kaapeleiden nimeämisten suhteen tekemään. Prosessilaitteiden nimeäminen tuli pitää vanhojen dokumentaatioiden vuoksi samoina, joten myös voimasähköpuolen kaapelien tunnuksot pidettiin samoina. Moottorilähdöille esitetään myös vaihtoehtoisia ratkaisuja. Vaihtoehtoisista moottorilähtöratkaisuksista ei varsinaista toteutussuunnitelmaa tehdä, vaan käydään ainoastaan läpi muut mahdolliset ratkaisut.

4.3.1. Toteutus

Moottorilähtöjen suunnittelussa lähtökohdaksi asetettiin vaatimukset prosessin ja opetusympäristön kannalta. Prosessi vaati suunniteltavaksi kahdenlaista lähtötyyppiä. Lähtötyyppejä olivat suoralähtö ja taajuusmuuttajalähtö. Alkuvaiheessa moottorilähdöille mietittiin toiminnallisia ja rakenteellisia ratkaisuja, joiden pohjalta työ voitiin aloittaa.

SFS-käsikirja 16:sta valittiin moodi, joka parhaiten vastasi ominaisuuksiltaan ja ohjausjärjestelmän kannalta parhaiten vesiprosessin vaatimuksiin. Vesiprosessin luonteeseen parhaiten sopii jatkuvaohjauksinen ohjaustapa. Jatkuvassa ohjaustavassa ohjausjärjestelmä pitää ohjausvälireleen jatkuvasti vetäneenä. /19/

Suorien moottorilähtöjen ohjauspaikan määrittelyssä käytettiin MCC-moodia. MCC-moodissa paikallisohjaus on määrävässä asemassa. Paikallisohjauskytkin on sijoitettu

jakokeskuksen yhteyteen, josta ohjauspaikka voidaan määrittää joko automaatiojärjestelmälle tai käsikäytölle. /19/

Jatkuvan ohjauksen toimintojen ominaisuuksiin kuuluu erilaisten tietojen välittäminen moottorilähdön tilasta ohjausjärjestelmälle. Suorastamoottorilähdöstä saadaan ohjausjärjestelmälle vietyä käyntitieto, keskushäiriö ja kenttähäiriö. MCC-moodissa viedään myös tieto ohjauskytkimen automaattiasennosta ohjausjärjestelmälle. /19/

4.3.2. Suoralähtö

Päävirtapiirin komponentit esitellään pääpiirteittäin ja osion loppuun on listattu jokaisen lähdön komponenttien tyypit ja kokoluokat.

4.3.3. Päävirtapiiri

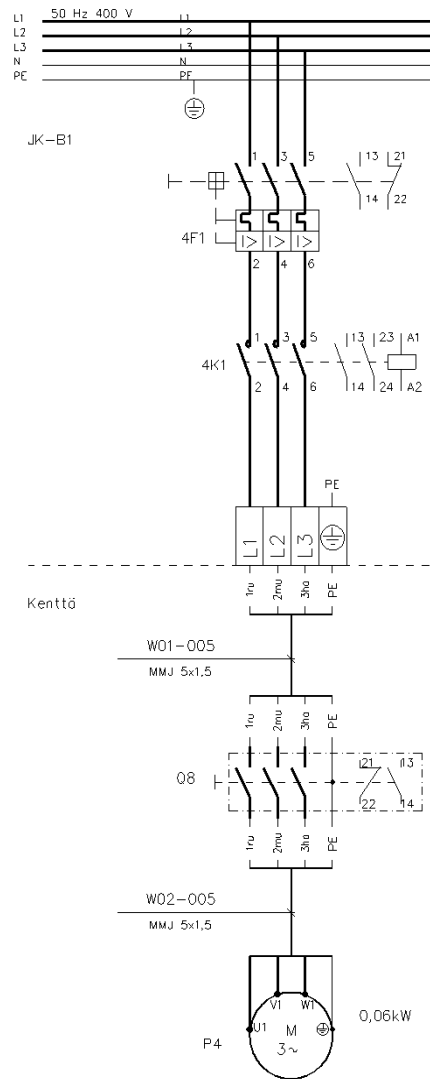
Moottorinsuojakytkin

Suorienlähtöjen päävirtapiiri on suunniteltu sulakkeettomaksi. Sulakkeettomalla moottorilähdöllä päävirtapiirin etukojeena toimii moottorinsuojakytkin. Moottorinsuojakytkimiä käytetään ennen kaikkea moottoreiden manuaalisina virtakytkiminä sekä moottoreiden ja järjestelmän sulakkeettomaan suojaamiseen oikosuluilta, ylikuormilta ja vaihekatkoksilta. Moottorinsuojakytkimet ovat ominaisuuksiltaan erittäin kattavat. /8/

Moottorinsuojakytkimen ominaisuuksia:

- ylikuormitussuojaus
- vaihevahti
- katkaisutoiminto järjestelmän ja virransyötön eristämiseen
- käyttölämpötila -25°C/+60°C
- soveltuu sekä kolmi- että yksivaihekäyttöön
- laukeamisenestomekanismi
- lukittava väännin.

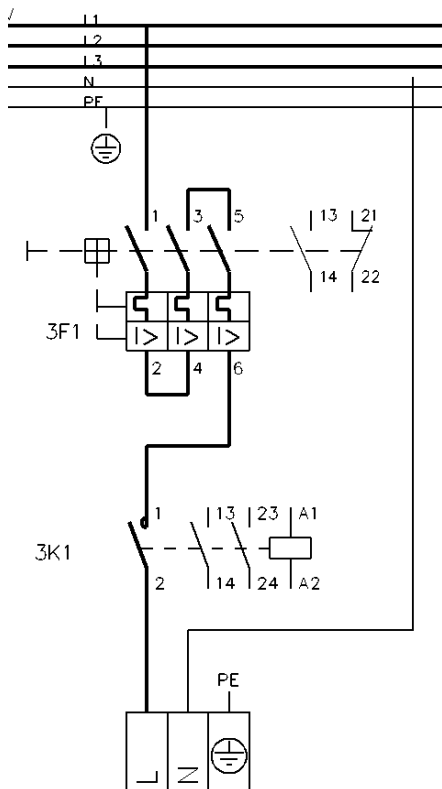
Moottorinsuojakytkimien valinta perustuu moottorin nimellisvirtaan. Moottorinsuojakatkaisimet valitaan suoraan moottorin arvokilvestä saadun virran perusteella. Kuvassa 5 on esitetty pumpun P4 pääpiirikaavio.



Kuva 5. Pumpun P4 pääpiirikaavio

Kuvassa 5 on esitetty kolmivaiheisen suoralähdön pääpiirikaavio, jossa etukojeena on moottorin suojakytkin. Kuva 6 on P4 pumpun piirikaaviosta. Etukojeet merkitään yleisesti kirjainkoodilla F1. F-kirjainkoodin määritelmä on laitteiden tai henkilöiden automaattinen suojaaminen ei toivotulta tilalta, johon sisältyy myös suojaukseen käytettävät järjestelmät ja laitteet. Moottorinsuojakytkin sisältää myös apukosketinpakan, jossa on avautuva ja sulkeutuva kosketin. Apukosketinpakan tarkoituksena on katkaista ohjausvirtapiirin jännite silloin, kun moottorinsuojakytkin on nolla tilassa. /19/, /8/

Moottorinsuojakytkimet asennetaan yksivaiheisissa suoralähdöissä toisin kuin kolmivaiheisissa. Vaihejohdin täytyy pujotella koko moottorinsuojakytkimen läpi. Moottorinsuojakytkin johdotetaan samalla tavalla kuin moottorin ylivirtasuojat yksivaiheisissa asennuksissa. Kuvassa 6 on esitetty moottorinsuojakytkimen asennus yksivaiheisena.



Kuva 6. Moottorinsuojakytkimen yksivaiheinen johdotus

Kontaktori

Moottorilähdön pääpiiriin kuuluu myös pääkontaktori. Kontaktorin tehtävänä on ohjata moottorin pääpiirin jännitettä. Kontaktori rakentuu rautasydämisestä kelasta, joka virralliseksi tultuaan magnetisoituu ja vetää puoleensa liikkuvaa rautasydäntä. Rautasydämen kehikkoon on kiinnitetty liikkuvat koskettimet, jotka puolestaan yhdistävät kiinteät navat. Kontaktoreissa on yleensä kaksi avausväliä vaihetta kohti. Kontaktorin valinnassa on otettava huomioon kuormitus. Koska sähkömoottorien tuottaman kuormitus on induktiivista, on moottoripiirin pääkontaktorit valittava sen mukaisesti. Tässä tapauksessa valitaan kontaktorin käyttöluokaksi AC3. /8/

SFS-käsikirja 16 mukaan pääkontaktorin kirjainkoodiksi on määritelty Q01. Yleisesti käytetään myös kirjainkoodia K1, jota myös tässä työssä on käytetty pääkontaktorin kirjainkoodina.

Pääkontaktorien apukosketinpakka on valittu siten, että se sisältää kaksi kappaletta sulkeutuvia koskettimia. Apukoskettimien tehtävänä on antaa viesti käyntitiedosta, kun kontaktori on vetäneenä ja toimia lukitustoimintona silloin, kun moottoria ohjataan käsikäytöllä.

Päävirtapiirin riviliitin

Jakokeskukseen on myös suunniteltu asennettavaksi moottorilähdön pääpiirin yhteyteen riviliittimet. Riviliittimet sijoitetaan keskukseen siten, että moottorikaapelin asennus olisi käytännöllisempää. Pääpiirin riviliittimien avulla myös moottorikaapelin vaihto suoriutuu

helpommin, koska kaapelia ei tarvitse lähteä erottelemaan kontaktorilta saakka. Näin ollen jakokeskuksen kaapelointi moottorilähtöjen osalta kiinteytyy.

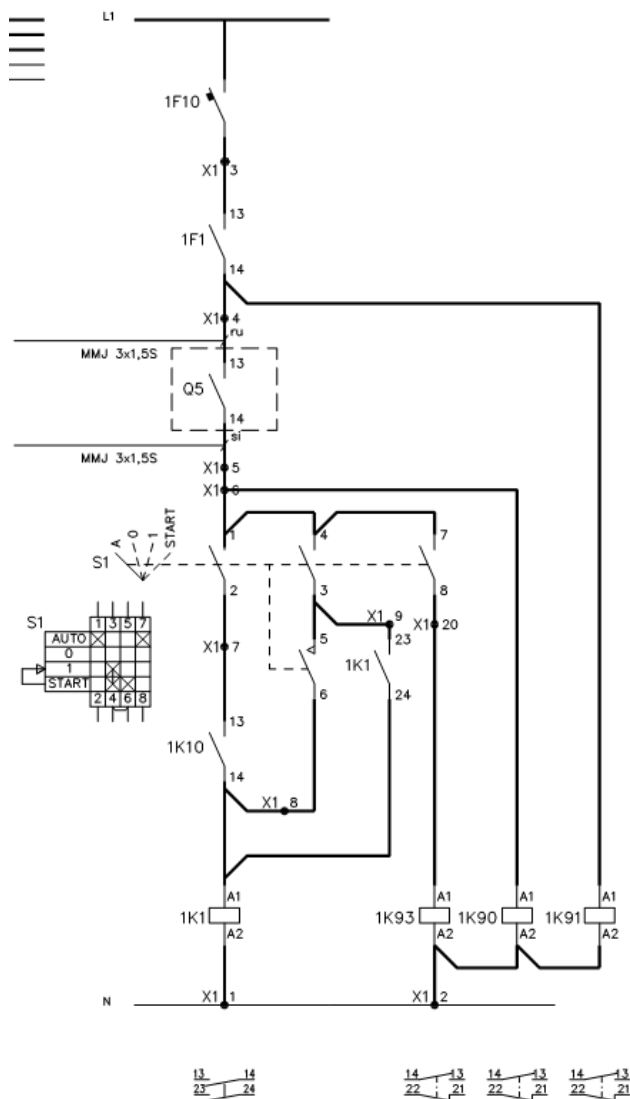
Turvakytkin

Turvakytkimet on suunniteltu moottorilähtöjen odottamattomien käynnistysten estämiseksi. Turvakytkimet tulee sijoitella siten, että ne ovat moottorin läheisyydessä. Turvakytkimen tulee olla ominaisuuksiltaan sellainen, että siitä voidaan tehdä myös hätäpysäytys. Turvakytkintä ei ole kuitenkaan tarkoitettu moottorin käyttökytkimeksi. Turvakytkimen tulee olla lukittavissa, jolloin voidaan luotettavasti estää moottorin käynnistyminen esimerkiksi huoltotöiden tai korjausten ajaksi. /19/

Turvakytkimet on varustettu vähintään yhdellä sulkeutuvalla apukoskettimella. Apukoskettimen tehtävänä on antaa tilatieto turvakytkimen tilasta ja estää ohjauspiirin jännitteen syöttö silloin, kun turvakytkin on auki. Toiminto on määritelty SFS-käsikirja 16 mukaan. Turvakytkimen kirjainkoodina työssä on käytetty Q-kirjainta.

4.3.4. Ohjausvirtapiiri

Vesiprosessin suorienlähtöjen ohjausvirtapiirit ovat kaikki samanlaisia riippumatta onko lähtö yksi- tai kolmivaiheinen. Suojaukset ja ominaisuudet ohjausvirtapiireissä ovat saman SFS-käsikirja 16 standardin mukaan tehtyjä. Osiossa esitellään ohjausvirtapiirin komponentit ja sen toiminta. Ohjausvirtapiiriin rakenne koostuu sulakkeesta, releistä, koskettimista ja kytkimistä. Kuvan 7 ohjauspiirikaavio on vesiprosessin kiertovesipumpusta. Kyseessä on yksivaiheisen suoranlähdon ohjauspiirikaavio.



Kuva 7. Ohjauspiirikaavio

Ohjausvirtapiirin lähes kaikkien laitteiden kytkennät tehdään riviliittimien kautta. Riviliittimiä käyttämällä johdotusten asennus on helpompaa vian etsintä ja korjaus nopeampaa. Riviliitinkiskot on asennettu keskuksessa lähdön muiden komponenttien läheisyyteen.

Suojaukset

Ohjausvirtapiirin ensimmäinen komponentti on etusulake F10. F10 toimii ohjauspiirissä johtimien oikosulku- ja ylikuormitussuojana. Etusulake on nimetty tässä tapauksessa 1F10. Etunumero kertoo järjestysluvusta.

Ohjausvirtapiirissä etusulakkeen jälkeen tulee kaksi apukytkimien katkaisijaa. Ensimmäinen katkaisija on moottorinsuojakytkimen 1F1 sulkeutuva apukosketin 13/14. Apukoskettimen tehtävänä on katkaista ohjausvirtapiirin jännite silloin, kun moottorinsuojakytkin on auki.

Toinen katkaisija etusulakkeen jälkeen on turvakytkimen Q apukosketin. Turvakytkimen kirjainkoodina käytetään yleisesti kirjainta Q, etunumero kertoo järjestysluvusta. Turvakytkimen apukoskettimen tehtävän on katkaista ohjausvirtapiirin jännite, silloin kun turvakytkin on auki.

Valintakytkin

Kaikkiin suoralähtöihin kuuluu valintakytkin. Valintakytkimellä määritetään lähdön ohjauspaikka. Ohjauspaikka voi olla joko keskuksella tai ohjausjärjestelmällä. Valintakytkin on mallia Auto-0-1-Start. Moottoreiden käsikäyttö tapahtuu keskukselta, jolloin moottorit käynnistys tapahtuu valintakytkimen asennoilla 1-Start. Valintakytkimen Auto-asennolla ohjauspaikka määritetään moottorilähtöjen ohjausjärjestelmälle. Käsikäyttö mahdollistaa moottorin pyörittämisen silloin, kun ohjausjärjestelmä ei syystä tai toisesta ole käytössä.

Moottorilähdön käsikäyttö on toteutettu lukituspiirillä, joka on rakennettu moottorilähdön pääkontaktorin apukoskettimella. Valintakytkimen asennolla 1 sulkeutuu kosketin 4/3, joka on kytketty sarjaan koskettimen 5/6 kanssa. Valintakytkimen ollessa asennossa start sulkeutuvat molemmat koskettimet 4/3 ja 5/6. Pääkontaktorin (1K1) sulkeutuva apukosketin 23/24 on kytketty rinnan valintakytkimen koskettimen 5/6 kanssa ja sarjaan koskettimen 4/3 kanssa. Valintakytkin ollessa asennossa start johtuu jännite pääpiirin kontaktorin kelalle ja asettaa kontaktorin vetäneeksi, jolloin myös apukosketin 23/24 sulkeutuu ja kytkee lukituspiirin toimivaksi. Lukituspiiri vapautuu ja moottori pysähtyy, kun valintakytkin väännetään asentoon nolla.

Releet

Ohjausreleiden tehtävänä on ohjata kontaktorien kelojen jännitteitä. Releiden toimintaperiaate on sama kuin kontaktoreilla. Ohjausreleillä välitetään myös kytkintietoja ohjausjärjestelmille. Kuvan 7 releillä on kaikilla oma toimintonsa. Rele 1K10 ohjaa pääpiirin kontaktoria 1K1. 1K10 kela asettuu vetäneeksi, kun ohjausjärjestelmä antaa käyntikäskyn. Releiden jännitteenä käytetään tässä tapauksessa 24VDC. Rele voi toimia ja ohjata pääpiirin kontaktoria silloin, kun ohjauskytkin on asennossa Auto.

Releen K91 tehtävänä on ilmoittaa keskushäiriöstä ohjausjärjestelmälle. Releen K91 kela on kytketty sarjaan ohjauspiirin alkupäässä olevien laitteiden koskettimien (K1 apukosketin 13/14, F10) kanssa, kun joku näistä koskettimista avautuu ilmoittaa rele kosketintietona ohjausjärjestelmälle virheestä. K91-releen kanssa sarjaan kytketyt koskettimet sijaitsevat kumpikin keskuksessa.

Releen K90 tehtävänä on ilmoittaa kenttähäiriöstä. Ohjausjärjestelmä saa kenttähäiriö tiedon silloin, kun turvarele on auki. Releen K90 kela on kytketty sarjaan heti turvarele koskettimen jälkeen. Turvakytkimen koskettimen aukeaminen katkaisee K90-releen kelan jännitteen syötön. Releen K90 apukoskettimet on kytketty ohjausjärjestelmään, joka saa viestin releen tilan muutoksesta.

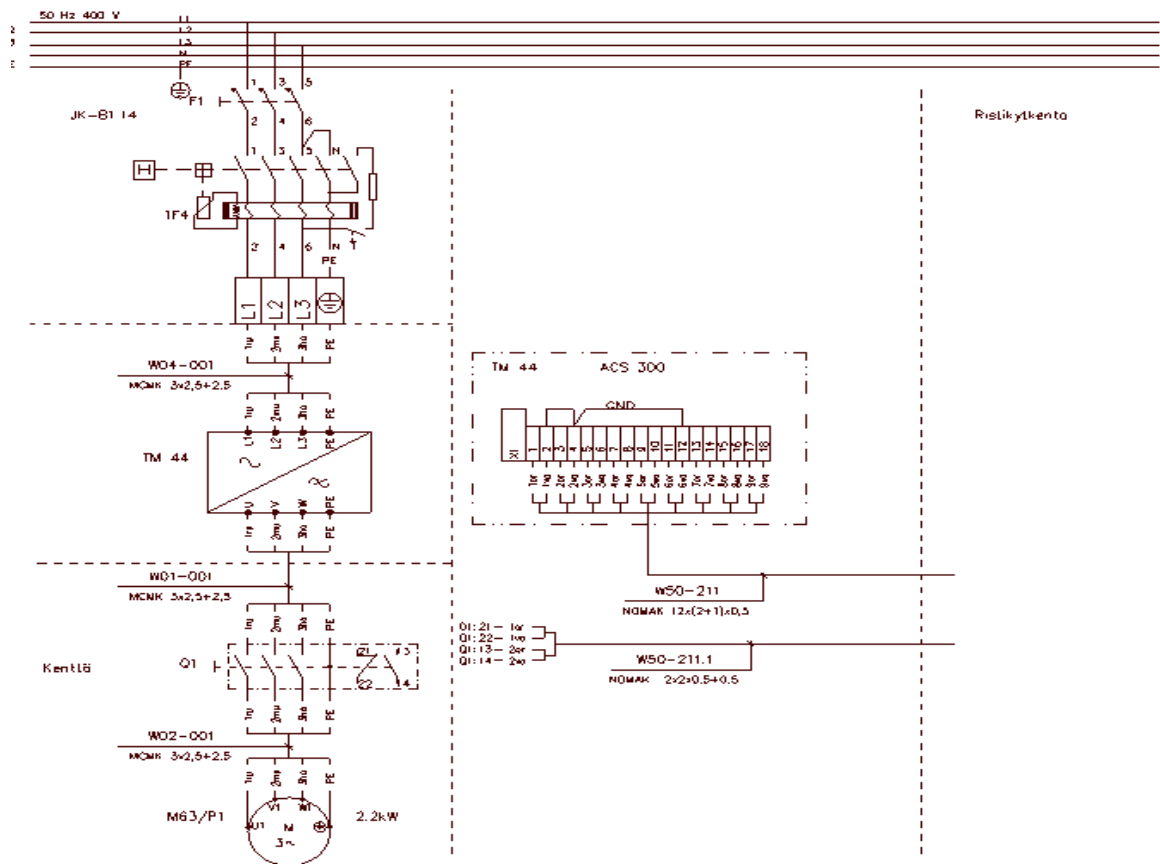
Releen K93 tehtävänä on antaa tieto automaattiohjauksesta. Releen K93 kela on kytketty valintakytkimen koskettimeen 7/8. Kun moottorilähtö valitaan automaattiohjaukselle, releen kela asettuu vetäneeksi. Releen apukosketin on kytketty ohjausjärjestelmään, joka vie tiedon ohjausjärjestelmälle automaattiohjauksen ollessa käytössä.

Ohjausvirtapiirin releistys on SFS-käsikirja 16 mukaan tehty, jolle on myös olemassa valmis suunnitelma logiikkaohjausta varten. Logiikkaohjelmat ovat tehty siis automaattiohjaukselle. Lukitukset ja käynnistystenestot on suunniteltu ohjelmallisesti toteutettavaksi.

4.3.5. Taajuusmuuttajalähtö

Automaatiolaboratorion vesiprosessiin kuuluvat taajuusmuuttajat ovat yhtä puhallinkäyttöä lukuun ottamatta kaikki pumppukäyttöjä. Vesiprosessin taajuusmuuttajia on yhteensä neljä kappaletta. Taajuusmuuttajien tehot ovat alueelta 0.55-3 kW. Taajuusmuuttajien osalta työssä suunniteltiin niiden uudet kaapeloinnit ja piirrettiin piirikaaviot, johon kuului pääpiirikaavion lisäksi myös I/O-kortin kaavion piirto.

Automaatiolaboratoriossa tehtävien rakenteellisten muutosten vuoksi myös taajuusmuuttajien sijoitus tuli suunnitella uudestaan. Taajuusmuuttajien aikaisempi sijoituspaikka oli seinällä, jota tilan saneerauksessa oli tarkoitus siirtää. Uudelleen sijoittelun tavoitteina helpon käytettävyyden ja yleisten vaatimusten lisäksi oli myös, että sijoittelu palvelisi myös mahdollisimman hyvin opetustilanteita. Opetustilanteen vaatima tila oli huomioitava taajuusmuuttajien sijoittelussa. Liitteessä 12 on esitetty paikka, minne taajuusmuuttajat sijoitettaisiin.



Kuva 8. Taajuusmuuttajan kytkentäkaavio

Kuvassa 8 on esitetty TM 44 -piirikaavio. Kyseinen piirikaavio on pumpusta P1. Kaikkien taajuusmuuttajalähtöjen rakenne on sama. Taajuusmuuttajalähdön etukojeena on johdonsuojakatkaisijoiden lisäksi myös vikavirtasuojakytkin. Jokaiselle lähdölle on suunniteltu oma vikavirtasuojansa asennettavaksi erikseen. Useamman laitteen kytkeminen saman vikavirtasuojan taakse saattaa aiheuttaa turhia käyttökatkoja. Taajuusmuuttajakytkentään kuuluu myös turvakytkin. Turvakytkimet tulee sijoittaa moottorien välittömään läheisyyteen. Turvakytkimen kosketintiedot on suorien lähtöjen tapaan viety ristikytkentään, jota kautta tuleva ohjausjärjestelmä saa tietonsa.

Piirikaavion suunnittelussa ei ristikytkennän osalta määritelty riviliitinpaikkoja. Riviliitinpaikat määritellään lopullisen ristikytkennän suunnittelun aikana. Piirikaavioon on piirretty kaapelimerkinnot, joita ristikytkennän suunnittelijan on tarkoitus käyttää. I/O-kortit piirikaavioihin on piirretty suoraan valmistajan käyttöoppaiden mukaan.

4.3.6. Vaihtoehtoiset ratkaisut

Moottorilähtöjen suunnittelussa otettiin huomioon myös muita moottorilähtövaihtoehtoja. Vaihtoehtoisten moottorilähtöjen tarkoituksena oli antaa vertailukohtia moottorilähtöjen lopullisessa valinnassa. Automaatiolaboratorio ja sen vesiprosessi ovat opetuskäyttöön suunniteltu, joten oli vaihtoehtoisten moottorilähtöjen nykyaikaiset uudet ratkaisut

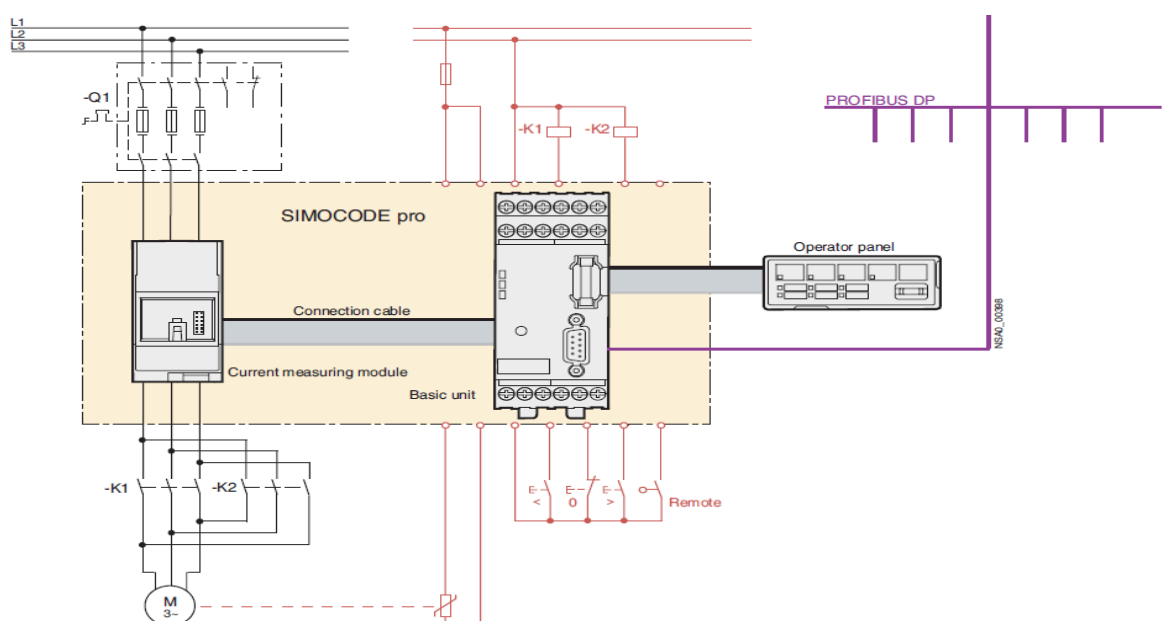
keskeiset läpi käytävät. Moottorilähtötyyppejä käydään yhteensä kolme erilaista. Vaihtoehtoisia moottorilähtöratkaisuja käydään läpi suorien moottorilähtöjen osalta.

4.3.7. I vaihtoehtoinen ratkaisu

Siemensin valmistama Simocode Pro on yksi luokkansa tämän hetken käytännöllisimmistä ja taloudellisimmista moottorinhallintajärjestelmistä. Moottorinhallintajärjestelmä kattaa moottorin suojauksen ja ohjauksen. Simocode tulee sanoista Sirius Motor Management and Control Devices. Moottorilähtö koostuu perusyksiköstä ja erillisestä virtamuuntajasta. Perusyksikkö ja virtamuuntaja ovat kytkettävissä toisiinsa liitäntäkaapelilla. Simocode on erittäin kattava moottorinhallintajärjestelmä, joka sisältää kaikki toiminnot mitä moottorinsuojauksessa ja ohjauksessa tarvitaan lukuun ottamatta etusulakkeita ja kontaktoreita. /5/, /3/

Simocode Pro suojaus- ja ohjausjärjestelmiä on kahta eri tyyppistä, Pro V ja Pro C. Järjestelmät poikkeavat toisistaan vain ominaisuuksiensa puolesta. Simocode Pro C on hieman suppeampi järjestelmä, kuin Pro V. Simocode Pro V sisältää enemmän toimintoja ja siihen on saatavilla enemmän laajennus mahdollisuuksia ja ohjaustavat ovat monipuolisemmat kuin Pro V:n. Simocode Pro C ja Pro V ovat keskenään yhteen sopivia järjestelmiä. Yhteen sopivuuden etuina on, että kumpaakin järjestelmää voidaan käyttää yhtä aikaa samassa projektissa. /3/

Simocode Pro:n asennus tapahtuu suoraan standardi din-kiskoon liittämällä. Järjestelmään kuuluva virtamuuntaja asennetaan Simocoden perusyksikön alle. Virtamuuntaja on järjestelmän valvontatoimintojen vuoksi oltava käytössä. Pääleikkäin asennus säästää tilaa keskuksessa leveyssuuntaisesti. Virtamuuntajan ja perusyksikön päällekkäin asennus on mahdollista, kun virtamuuntajan koko ei ylitä 100 A. Yli 100 A:n virtamuuntajat on kuitenkin asennettava erikseen. Työssä esiintyvien moottorilähtöjen virrat eivät kuitenkaan ylitä 100 A, joten asennus päällekkäin on mahdollista. /3/



Kuva 9. Simocode Pro -kytkentäkuva /12/

Kuvassa 9 on esitetty kytkentäkuva Simocode Prosta. Simocoden rakenne siis koostuu virtamuuntajasta (vas.), perusyksiköstä (kesk.) ja siihen on myös mahdollista liittää käyttöpaneeli (oik.). Käyttöpaneeli sisältää viisi painiketta. Painikkeista neljä on vapaasti ohjelmoitavissa. Käyttöpaneelin kannessa on LED-valoja, jotka kertovat moottorin tilasta. Käyttöpaneelista voidaan ohjata moottoria myös paikallisesti suoraan moottorilähtökeskuksen kannesta. Käyttöpaneelin LED-valojen ja painikkeiden parametrit voidaan määritellä vapaasti kunkin tarpeen mukaisesti. Käyttöpaneelin kannessa on myös ohjelmointiliitin, johon voidaan liittää parametrintiohjelmisto, muistimoduuli tai DP-osoitteenantotyökalu. /5/

Yleiset ominaisuudet

Yleiset:	Pro C	Pro V
- ohjausjännite 24 VDC	x	x
- ohjausjännite 230 VAC	x	x
- käyttölämpötila -25-60°C	x	x
- testitoiminnot 3-tasoa	x	x
- moottorivirta 0,3-830 A	x	x
- 24 VDC tulot	x	x
- 230 VAC/VDC tulot	-	x
- monostabiili relelähdt	x	x
- osoitteenantomoduuli	x	x
- parametrien luku ja kirjoitus muistimoduulilla	x	x
- parametrintio PC:llä tai väylän välityksellä	x	x
- graafinen parametrintio PC/väylän välityksellä	x	x
- irrotettava pikavaihtokytkentämoduulit	x	x
- ATEX-hyväksyntä	x	x
- turvaerotetut piirit IEC-60947-1 mukaan	x	x

/13/

Suojaustoiminnot:	Pro C	Pro V
- ylikuormitussuojaus	x	x
- moottorintermistorisuojaus	x	x
- epäsymmetrisen kuorman valvonta	x	x
- vaihevikavalvonta	x	x
- jumisuojaus	x	x
- virtaraja-arvon valvonta	x	x
- käyttötuntivalvonta	x	x
- pysähdysajan	x	x
- käynnistyskertalaskuri	x	x
- maasulkuvalvonta	-	x

/13/

Ohjaustoiminnot:

	Pro C	Pro V
- elektroninen lämpörele	x	x
- suorakäynnistys	x	x
- suunnanvaihtokäynnistys	x	x
- katkaisinohjaus	x	x
- tähti-kolmio käynnistys	-	x
- tähti-kolmio käynnistys suunnanvaihdolla	-	x
- kaksinopeusmoottorit (navanvaihtokytkentä)	-	x
- kaksinopeusmoottorit (navanvaihtokytkentä) suunnanvaihdolla)	-	x
- kaksinopeusmoottorit, dahlander	-	x
- kaksinopeusmoottorit, dahlander suunnanvaihdolla	-	x
- pakotustoiminto	-	x
- venttiilinohjaus	-	x
- pehmokäynnistimen ohjaus	-	x
- pehmokäynnistimen ohjaus suunnanvaihdolla	-	x

/13/

Simocodesta löytyy myös kourallinen laajennettuja toimintoja vaativien prosessien hallintaan. Laajennetut toiminnot on mahdollista lisätä ainoastaan Pro V -malliin.

Laajennetut toiminnot:

- 3 * lämpötilanmittaus (PT-100, PT-1000, KTY, NTC, PTC)
- jännitemittaus
- tehovalvonta (kW, kVA)
- $\cos \phi$ -mittaus, sähköinen pyörintävahti
- vaihejärjestysvalvonta
- I/O laajennus ja valvonta 4I/2O
- mittasuureiden tallennus. /13/

Simocode on siis erittäin kattava moottorinhallintajärjestelmä. Simocode sisältää myös binäärituloja ja monostabiileja relelähtöjä. Simocode Pro V -malliin on lisättävissä logiikkamoduuleita ja useita lisäyksiköitä, joilla voidaan keventää automaatiojärjestelmien tarvetta.

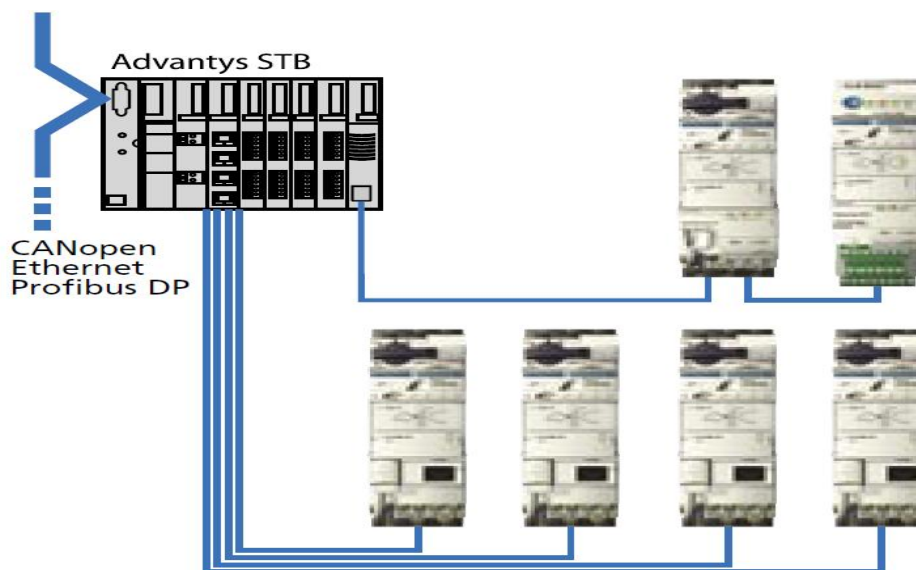
4.3.8. II vaihtoehtoinen ratkaisu

Toisena vaihtoehtoisena ratkaisuna vesiprosessin moottorilähdöiksi käydään läpi Schneider Electricin valmistama Tesys U -moottorikäynnistin. Tesys U on rakenteeltaan yksinkertainen ja pienikokoinen moottorinkäynnistin. Tesys U säästää tilaa moottorikeskuksissa, jopa 40 % perinteisiin moottorilähtökomponentteihin verrattuna. Tesys U:n kompaktirakenne säästää aikaa asennusvaiheessa, koska kojeiden välisiä johdotuksia ei tarvita. Tämän vuoksi myös mahdollisten johdotusvirheiden tekeminen kitkeytyy pois. Myös varastoitavien tuotteiden määrä pienenee. /15/

Alle 32 A:n moottorilähdöissä erotin, kontaktori, ylikuormitus- ja oikosulkusuojaus on toteutettu yhteen laitteeseen. Tesys U täyttää oikosulkukoordinaation vaatimukset täydellisesti, jolloin moottorikäynnistimen pääkoskettimet eivät hitsaudu kiinni oikosulkutilanteissa, joka on huomattavan tärkeää prosessin tai tuotannon jatkuvuuden ja turvallisuuden kannalta. /17/

Tesys U on rakenteeltaan erittäin helposti muokattavissa. Osien välisiä johdotuksia ei tarvita. Tesys U:n moduulit liitetään toisiinsa ns. plug-in-asennustapaa käyttäen. Tämä tarkoittaa sitä, että moduulit ainoastaan työnnetään runkoon kiinni. Tällöin muutostarpeiden tekeminen esimerkiksi käyttöönottovaiheessa on helppoa tehdä. Tesys U:n kaikki suoja- ja valvontareleet ovat elektronisia ja niissä ovat laajat ylikuormitussuojauksen asettelualueet. Tesys U:n runkoon on myös mahdollista liittää monitoimirele, joka mahdollistaa suojaustoimintojen lisäksi myös valvontaominaisuuksia. /17/

Tesys U moottorinohjain on myös ohjattavissa perinteisten AC- ja DC-jänniteohjausten lisäksi myös kenttäväyläliitynnöillä. Valikoimista löytyy runsaasti vaihtoehtoja useisiin väylätyyppeihin. Väyläliitynnät ovat mahdollisia Tesys U:n kenttäväylämoduulien ja siltojen avulla. Laite voidaan liittää seuraaviin väyliin AS-i, Modbus, CANopen, Ethernet, Profibus DP ja Devicenet. Väylässä kulkeva tieto riippuu valitusta kenttäväylästä ja valitusta Tesys U -suojareleestä. Käynnistimen normaali ohjaus- ja tilatietojen lisäksi käyttäjä voi monipuolisimmillaan tarkkailla moottorin kuormitusvirtoja, käynnistimen vikadiagnostiikkaa ja laskuritoimintoja. Kenttäväylän kautta on hoidettavissa myös parametrien asettelu, vian erottelu ja ylikuormitussuojan kuittaus. /14/



Kuva 10. Tesys U -väyläliityntä /16/

Kuvassa 10 on esitetty Tesys U:n liittyminen kenttäväylään. Moottorinohjaimet on liitetty väylään Anvantys STB I/O hajautusjärjestemään. Järjestelmän kautta saadaan moottorilta monipuolista tietoa moottorin tilasta. Moottorinohjaimiin voidaan liittää joko I/O-rinnankytkentämoduuli tai väyläliityntämoduuli. /17/

Tesys U:n ominaisuudet

Yleiset ominaisuudet:

- yksinkertainen ja pieni rakenne
- tilan säästö jopa 40 %
- ajan säästö asennusvaiheessa
- AC- ja DC-ohjaukset
- suorakäynnistys
- suunnanvaihtokäynnistys
- pehmokäynnistinkäyttö
- laaja-alueiset suojarleet
- kontaktori, lämpörele, erotin, ylikuormitus- ja oikosulkusuoja samassa laitteessa
- tyhjäkäynti ja jumisuojaus
- säädettävä virtaepäsymmetriasuojaus
- integroidut apukoskettimet
- monipuoliset väyläliityntämahdollisuudet.

4.3.9. III vaihtoehtoinen ratkaisu

Kolmantena vaihtoehtona käydään läpi Phoenix Contact:n valmistama Contactron moottorilähtö. Kyseinen moottorilähtö on hieman edellä käytyjä moottorilähtöjä keveämpi. Lähtö sisältää kuitenkin samat perussuojausominaisuudet kuin edellä kädyt moottorilähdöt. Contactron moottorilähtöön on myös lisättävissä erillisiä lisävalvontareleitä, joilla voidaan lisätä käytettävyyttä ja turvallisuutta.

Contactron moottorikomponentit käyttävät kontakteissaan puolijohdetekniikkaa. Puolijohdekontaktorit kestävät mekaanisesti toimivia releitä huomattavasti paremmin. Puolijohdekontaktoreiden käyttöikä on pidempi kuin mekaanisten. Kontaktorit ovat suunniteltu erityisesti kohteisiin, joissa käynnistyskertoja on paljon. /11/

Contactron moottorilähtöratkaisu sopii jokaiselle työssä esiintyvälle suoralle moottorilähdölle. Puolijohdekontaktoreita on saatavilla myös yksivaiheisina. Vesiprosessin pumppujen moottorilähdöissä on useampi yksivaiheinen moottorilähtö, joten Contactronin puolijohdekontaktorit sopisivat hyvin näihin käyttöihin.

Puolijohdekontaktori

Puolijohdekontaktoreita on saatavilla vaihto- ja tasajänniteohjattavina. Puolijohdekontaktoreiden toiminta perustuu tyristoryiden ympärille rakennettuun teknologiaan. Puolijohdekontaktoreiden ominaisuudet ovat käytettävyyden kannalta

huomattavan paljon paremmat kuin mekaanisten kontaktoreiden. Mekaaniset kontaktorit kuluvat käytössä nopeammin mitä puolijohdekontaktorit. Puolijohdekontaktoreissa on yleisesti ns. burst-firing-valvonta, jolloin kytkentä tapahtuu siniaallon nollapisteessä. Puolijohdekontaktoreiden elinikää pidetään jopa 50-kertaisena normaaliin mekaaniseen kontaktoriin nähden. Puolijohdekontaktorit sopivat myös korkeille kytkentätaajuuksille. /10/



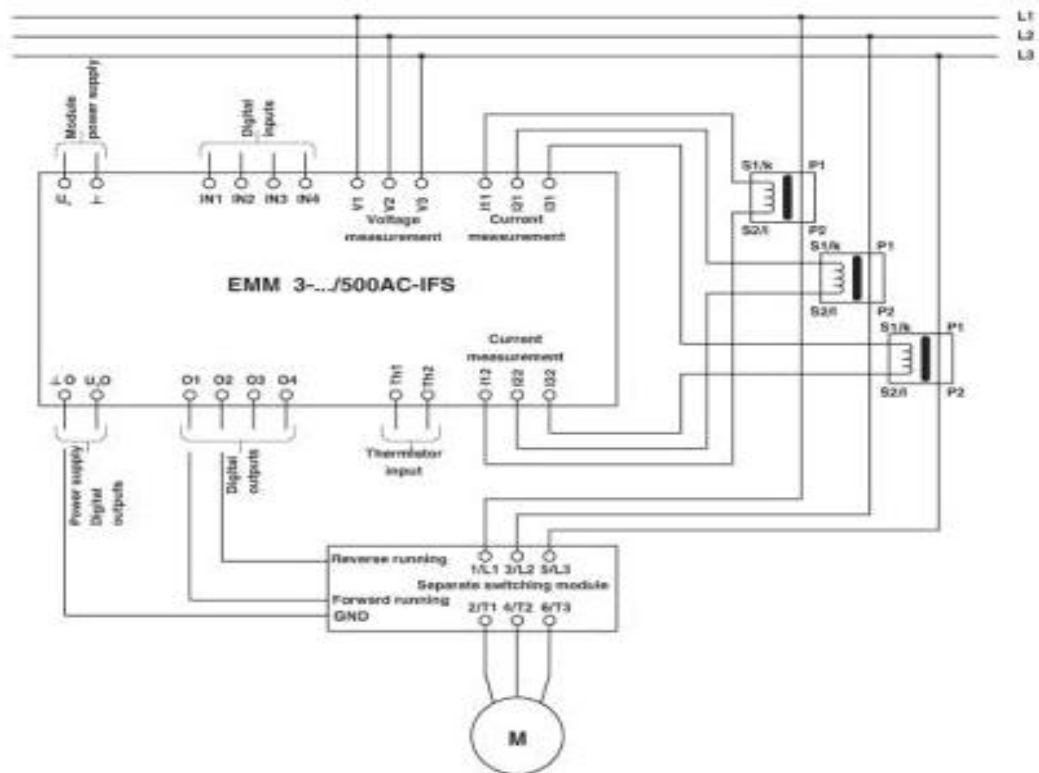
Kuva 11. 1-vaiheinen puolijohdekontaktori /10/

Kuvassa 11 näkyy Phoenix Contact:n yksivaiheinen puolijohdekontaktori. Kontaktoreille on ominaista myös pieni ja kevyt koko. Kontaktorin leveys on ainoastaan 22,5 mm, joten tilan tarve keskuksessa jää erittäin pieneksi. Myös kolmivaiheisten puolijohdekontaktoreiden leveys on ainoastaan 22,5 mm. /11/

Moottorinhallintarele

Contactron- moottorinhallintareleet lisäävät moottorikäytön turvallisuutta. Moottorinhallintarele tarkkailee jatkuvasti moottorin jännitteitä. Moottorille haitalliset ylitai alijännitteet tunnistetaan moottorinhallintareleen ansiosta ajoissa, jolloin niistä ei aiheudu moottorille vahinkoa. Moottorinhallintareleen toiminta perustuu sille, että se käyttää moottoria anturina. Moottorinhallintarele kerää jatkuvasti tärkeitä käyttötietoja moottorilta. Käyttötietojen perusteella pystytään tunnistamaan moottorin likaantuminen ja kuluminen. Laite kytkee häiriötapauksissa koneen pois päältä. Tietoja hyväksikäyttäen pystytään määrittämään moottorille huoltosuunnitelma hyvissä ajoin. Moottoreille tehtävät huoltotoimenpiteet voidaan tehdä suunnitellusti, joten käyttökatko voidaan näin ollen minimoida. /11/

Moottorinsuojaus on toteutettu täydellisesti termistorin analysoinnin, elektronisen moottorinsuojareleen ja asetettavien laukaisukäyrien avulla. Koska moottorinhallintarele hyödyntää moottoria anturina ja mittaa moottorin pätötehon, se suojaa sekä moottoria että laitteistoa häiriöiltä ja kulumiselta. Kytkentä- ja ilmoituskynnysasetusten avulla se määrittelee, lähettääkö se varoituksen vai pitääkö käytön virta katkaista. /11/



Kuva 12. Moottorinhallintareleen johdotuskaavio /11/

Kuvassa 12 on esitetty moottorinhallintareleen johdotuskaavio. Kuvan 12 mukainen moottorinhallintarelettä syöttää erillinen virtamuuntaja. Useimmissa malleissa virtamuuntaja on erikseen asennettava. Moottorinhallintareleessä ei ole yhdistettynä kontaktoria moottorin kytkemiseen. Moottorin kytkentä tulee toteuttaa erillisellä kytkentälaitteella. Moottorinhallintarele on myös kytkettävissä kenttäväylään Profibus-kopleri-kenttäväylälaitteella. Samaan Profibus-kopleri-väyläliityntälaitteeseen voidaan lisätä enintään 32 moottorinhallintarelettä. Moottorinhallintareleet asennetaan vierekkäin ja ne kytketään yhteen erillisillä kytkentäliittimillä. /11/

Contactron moottorilähtöjen ja puolijohdereleiden yleisiä ominaisuuksi:

1~puolijohdekontaktorit:

- enintään 660 VAC/50 A
- ohjausjännite 4..32 VDC
- syöksyvirta 250 A (10ms)
- käyttölämpötila -30...+70. /11/

3~puolijohdekontaktorit

- 575 VAC/3*37 A (moottori enintään 18,5 kW)
- ohjausjännite 24 VDC tai 230 VAC
- syöksyvirta 100 A (10 ms)
- tyyppinen vasteaika 35 ms
- tyyppinen katkaisuaika 85 ms. /11/

4.4. Keskus

Vesiprosessin sähkökeskus sijoitetaan keskustilaan yhdessä ristikytkennän ja muita laboratoriotiloja syöttävän sähköjakelukeskuksen kanssa. Keskus syöttää vesiprosessin moottorilähtöjä, prosessin sähköjakelua, automaatiolaboratorion työpisteitä ja kattihuoneen laitteistoa. Valaistusten ja yleiskäyttöön tarkoitettujen pistorasioiden syötöt otetaan erillisestä kiinteistösähkökeskuksesta. Vesiprosessille tarkoitettu keskus syöttää ainoastaan vesiprosessille ja sen kuuluvalla käytölle tarkoitettua sähkönsyötön. Näin saadaan hyvin kontrolloitua turvallisuuteen ja käyttöön liittyviä seikkoja.

Työn yhtenä tarkoituksena oli määrittää, kuinka suuren keskuksen vesiprosessi työpöytineen ja latteineen vaatii. Keskuksen pääsulakkeet pidetään 125 A suuruisena, kuten vanhan keskuksen. Sähkökeskukselle kerätään tieto kentän laitteista ja lasketaan sulakepaikkojen määrät ja määritellään turvalaitteisto, jonka pohjalta keskusvalmistajat voivat antaa omat tarjouksensa.

4.4.1. Teoriaa

Yleistä

Jakokeskuksen on oltava selväpiirteinen ja varustettu asennusta, käyttöä ja huoltoa varten oikeanlaisilla ja riittävillä merkinnöillä. Keskustoimittajien on huolehdittava siitä, että keskuksen mukana tulevat dokumentit ja piirustukset, joita voidaan käyttää keskuksen huollossa ja käytössä. Hyvä jakokeskus on tilaajan tilauksen ja valmistajan kuvauksen mukainen ja se voidaan asentaa käyttöpaikkaansa tilaajan ohjeiden, asennusmääräysten ja standardien mukaisesti. /18/

Hyvä keskus on riittävän kestävä käyttöpaikkansa ympäristön mekaanisiin, termisiin ja muihin rasituksiin ja sen kotelointi suojaa sisällä olevia komponentteja näiltä rasituksilta. Keskuksen komponentit on valittu ja asennettu oikein komponentin valmistajan tarkoittamalla tavalla. Komponentit ovat oman standardiensa mukaisia ja niiden sähköiset arvot sekä niiden mekaaninen, terminen ja sähköinen kestävyys on riittävä niille tulevaan jakokeskuskäyttöön. Hyvä keskus toimii oikein sille tarkoitettussa paikassa. Keskuksen sisäinen lämpötila tai komponenttien tai liitosten lämpeneminen ei ole niin korkea, että se vaikuttaisi häiritsevästi keskuksen toimintaan tai, että sen eristysaineiden heikkeneminen tapahtuisi tavanomaista nopeammin. /18/

Hyvässä keskuksessa on riittävästi oikein mitoitettuja ja luotettavasti kiinnitettyjä sisäisiä suojuksia, jotka estävät käyttäjää ja tarvittaessa asentajaa tai huoltajaa joutumasta kosketuksiin paljaiden jännitteisten osien kanssa ja aiheuttamasta oiko- tai maasulkutoiminnoissaan käytettävillä apuvälineillä ja työkaluilla. Suojukset estävät myös mahdollisesti irtoavien osien, apuvälineiden ja työkalujen putoamisen paljaiden jännitteisten osien väleihin ja niiden jännitteelle alttiiden osien metalliosien väleihin, jos siitä syntyy merkittävä oiko- tai maasulun vaara. Suojuksen tai koteloinnin osat eivät muuta muotoaan lämmön tai mekaanisen rasituksen vuoksi niin, että kosketussuojaus tai kotelointiluokan säilyminen vaarantuisi. /18/

Hyvän keskuksen asentaminen ei tuota ongelmia. Keskukseen liitettävät kaapelit tai muut johdot voidaan liittää vaikeuksitta ja pujottelematta niitä ahtaiden tilojen kautta kaapeleiden lajit, koot, taivutussäteet jne. huomioon ottaen. Keskuksen ulkoisten johtojen liittimiin pääsee helposti käsiksi. Liittimet ovat sopivia niille johdinaineille ja poikkiopinnoille mille ne on tarkoitettu. Sisäiset liitokset, joissa voi tapahtua esimerkiksi löystymisen vuoksi yllälämpenemistä, on sijoitettu siten, että niitä voidaan lämpökuvata ja ruuviliitoksia kiristää ilman, että keskuksen rakennetta jouduttaisiin merkittävästi purkamaan. /18/

Hyvässä keskuksessa on tilaa komponenttien lisäämiselle ja keskusta voi helposti laajentaa myöhemmin, jos käyttäjä sitä edellyttää. /18/

Jakokeskuksen erottaminen jännitteettömäksi

Jakokeskus on voitava erottaa jännitteettömäksi asianmukaisella erotuskytkimellä tai vastaavalla tavalla. Erotuslaitteen on yleensä sijaittava itse keskuksessa tai sen välittömässä läheisyydessä. Keskuksen pääkytkimen on oltava helposti tunnistettavissa. Erotuskytkimen käyttöluokka tulee SFS-EN 60947-1 mukaan olla AC 22 tai DC 22 ja moottorikeskuksissa AC 23 tai DC 23. /18/

Jakokeskuksen sijoitus ja suojaus

Jakokeskus sijoitettava siten, että se on helposti luoksepäästävissä käyttöä ja huoltoa varten. Jännitteisinä käsiteltävät varokkeet, pääkytkin ja käyttötoimenpiteenä käsiteltävät osittain kosketussuojatut kojeet on asennettava laitteen tai laitteiston osan keskilinjasta mitattuna vähintään 0,4 m ja enintään 0,2 m korkeuteen hoitotasosta. Tyypitestatulla standardin mukaisilla vapaasti seisovilla keskuksilla vaatimusta alarajasta ei ole. Asennuskorkeudesta riippumatta käyttötoimenpiteet on voitava suorittaa turvallisesti, mikä yleensä edellyttää vähintään IPXXB tai IP2X kotelointiluokan mukaista suojausta. Minimikorkeus kytkinlaitteille ja vastaaville käsiteltäville laitteille on 0,2 m. /18/

Jakokeskukselle on varattava sellainen hoitotila, että keskuksessa suoritettavat asennus-, huolto- ja käyttötoimenpiteet voidaan suorittaa ilman vaaraa. Jakokeskukseen kuuluvat laitteet tai laitteiston osat on asennettava SFS-EN 60439-1 mukaan siten, ettei niitä huollettaessa jouduta purkamaan eikä irrottamaan muita laitteita ja näihin liittyviä johtoja. /18/

Vaatimukset vähintään 63A:n jakokeskuksille

Kun jakokeskuksen nimellisvirta on vähintään 63 A tai suurempi, on keskuksen edessä oltava esteetön hoitokäytävä, jonka leveys on vähintään 0,8 m ja korkeus vähintään 2,0 m. Jos hoitokäytävän kummallakin puolella on jakokeskuksia tai muita laitteita, joiden käytössä ja kunnossapidossa joudutaan aukaisemaan ovia, hoitokäytävän leveydeksi suositellaan vähintään 1,2 m. /18/

Vähimmäisleveyden 0,8 m on laitteiden tavallisissa käyttöasennoissa jätävä vapaaksi väliksi, kun kulkutien leveyttä rajoittavat rakenteet, kuten käyttöasennossa olevat ohjauskahvat ja ulosvedettävät kojeyksiköt, käytävän kummallakin puolella on otettu

huomioon. Vapaata väliä pienentäväksi ei lasketa esim. avattuja kennojen ovia eikä tilapäisesti auki olevien koteloiden kansia, joiden on tavallisesti oltava kiinni. Jos kennojen ovet tai koteloiden kannet auki ollessaan estävät nopean poistumisen, on vapaaksi kulkutien leveydeksi tällöin jäätävä vähintään 0,6 m. Väliä mitatessa saa yli 90° kääntyvä ovi olla täysin auki. /18/

Tilassa, jossa hoitokäytävän pituus on yli 10 m, käytävän kummassakin päässä on oltava poistumismahdollisuus. Käytävän ollessa lyhyempi, varsinkin yli 6 m pitkä, suositellaan järjestettäväksi poistumismahdollisuus kumpaankin päähän. Poistumistien on leveydeltään oltava vähintään 0,6 m ja korkeudeltaan vähintään 2,0 m. /18/

Jakokeskushuoneet on rakennettava siten, että sieltä pääsee helposti poistumaan. Ovet on voitava avata sisäpuolelta ilman avainta silloinkin, kun ovi on lukittu ulkopuolelta avaimella. Sellaisten jakokeskushuoneiden ovien, joissa on voimakkaan valokaaren vaara, on avauduttava jakokeskushuoneesta ulospäin ja suositellaan sellaisen ovenaukaisulaitteen käyttöä, jolla ovi voidaan avata myös sen alaosasta. /18/

Jakokeskuksen mekaanisessa mitoituksessa ja rakenteessa on otettava huomioon valokaaresta johtuvien lämpövaikutusten aiheuttama henkilövahingon vaara. Mekaanisia rakenteita, joilla rajoitetaan valokaaren vaikutuksia, ovat valokaaren kestävä kotelointi, keskuksen sisäinen osastointi, virtateiden eristäminen ja erilaiset paineenpurkausjärjestelmät. /18/

Muita toimenpiteitä, joilla voidaan estää valokaaren muodostuminen tai voidaan rajoittaa sen kesto ja vaikutusta, ovat esimerkiksi hyvin poiskytkentäaika (alle 0,1s). Lyhyt poiskytkentäaika voidaan saavuttaa esimerkiksi pikalaukaisulla varustetulla katkaisijalla tai paineeseen, valoon tai lämpöön reagoivilla antureilla. Valokaaren muodostumista voidaan estää myös käyttämällä varokkeita tai virtaa rajoittavia katkaisijoita, erottimen ja siihen kuuluvan katkaisijan välisellä lukituksella ja rakenteilla, joilla tehdään mahdolliseksi käyttötoimenpiteiden suorittaminen avaamatta keskuksen ovia. Näillä toimenpiteillä voidaan rajoittaa valokaaren vaikutuksia myös silloin, kun keskukseen tehdään käyttötoimenpiteitä tai keskus on avattu. /18/

Näistä toimenpiteistä tärkein on lyhyen poiskytkentäajan käyttö. Hyvin lyhyttä poiskytkentäaikaa suositellaan käytettäväksi erityisesti suurtehoisten muuntajien syöttämissä pääkeskuksissa ja muissa keskuksissa, joissa on suuri oikosulkuvirta. /18/

Jakokeskukset, jotka sijoitetaan sähkötilaan

Sähkötila on huone tai luotettavasti aidattu alue, jossa on vain sähkölaitteita ja näiden apulaitteita ja johon normaalisti pääsevät vain ammattihenkilöt tai opastetut henkilöt. Sähkötilassa sallitaan normaalia lievemmat suojaustoimenpiteet. Normaaleja asuin-, toimisto-, pienteollisuus- ja julkisten rakennusten keskustiloja ei saa rakentaa sähkötiloiksi. /18/

Sähkötiloissa on sähkölaitteet yleensä suojattava kotelointiluokan IPXXB ta IP2X mukaisella koteloinnilla. Sähkötilassa sallitaan kuitenkin seuraavanlaisia kevennyksiä:

kosketussuojausmenetelmänä voidaan käyttää myös sijoittamista kosketusetäisyyden ulkopuolelle vähintään 2,5 m korkeuteen lattiasta tai muusta seisonta-alustasta. Jos jännitteisiä osia on alempana kuin 2,5 m, on osat suojattava vähintään kotelointiluokan IP2X tai IPXXB vaatimukset täyttävällä suojuksella. Esim. muuntajan suojaus voidaan toteuttaa myös suojuksella, jossa ei ole kattoa, mikäli suojuksen korkeus on vähintään 2,3 m ja jännitteisten osien etäisyys suojuksen yläreunasta on suurempi kuin 0,2 m. /18/

Jonovarokeytkimillä varustetun pienjännitekeskuksen kytkimien alapuolella sijaitsevassa kaapelointitilassa ei saa olla paljaita jännitteisiä osia, ja tilan suojauksen muihin tiloihin nähden on oltava vähintään IP1XB. Sulakkeettomien kaapeloimattomien varavarokkeiden jännitteettömänä olevien liitinten koskettamismahdollisuutta ei oteta huomioon. /18/

Johtojen liittäminen jakokeskukseen

Jakokeskukseen liitettävien johtojen liitäntäpaikat on sijoitettava siten, että johdot voidaan liittää helposti. Liittimien korkeudeksi lattiasta suositellaan vähintään 0,2 m. Jakokeskuksessa on oltava riittävästi kiinteästi asennettuja liittimiä ja tilaa siihen liitettävien johtojen varten. Liittimen on sovellettava asianomaiselle johtimelle ja johdinmateriaalille. Jos liittimeen liitetään useita johtimia, liittimen on oltava tarkoitettu tällaiseen käyttöön. /18/

Jokaisella tulevan ja lähtevän johdon suojajohtimella ja nollajohtimella on oltava oma erillinen liittimensä. Johtimen tunnistamisen helpottamiseksi suositellaan myös suoja- ja nollaliittimet varustettavaksi tunnuksilla, esim. ryhmänumeroilla, ellei niitä pysty tunnistamaan sijaintinsa puolesta. Jos jakokeskuksen, esim. kaapelijakokaapin asennus on sellainen, että keskus tai siihen liitettyt kaapelit voivat liikkua roudan vaikutuksesta, tämä on otettava huomioon johtimien asennustavassa tai liittimien rakenteessa. Erityisesti on pidettävä huoli siitä, ettei suojajohdin tai nollajohdin irtoa liittimestä. /18/

4.4.2. Keskukseen tulevat sähkökomponentit

Osiossa selvitetään kuinka suuri kapasiteetti keskukselle tulisi varata, jotta se täyttäisi laboratoriotilojen, vesiprosessin ja muiden sille tarkoitettujen kohteiden sähkönsyötön tarpeet. Keskukseen tulisi riittää hoitamaan automaatiolaboratorion valvomotilan, automaatiolaboratorion vesiprosessin, kattilahuoneen ja prosessisähkötilan ristikytkennän sähkönsyöttö.

Keskukseen sähkökomponentteja ja niiden lukumääriä määriteltiin osittain laadittujen huonekorttien mukaisesti ja keräämällä tieto suoraan kentältä. Huonekorteista ilmenee tiloihin tulevat laitteistojen sekä kojeiden määrä ja niiden avulla pystyttiin määrittämään niiden vaatima lähtöjen määrä keskukseseen. Keskukseen sähkönsyöttö syöttää ainoastaan vesiprosessiin ja siihen kuuluville laitteille sekä automaatiolaboratorioon tulevat sähkönsyötöt. Valaistukset ja muut yleiskäyttöön tarkoitetut pistorasiat saavat syöttönsä erillisestä kiinteistösähkökeskuksesta. Keskukseen komponentit on listattuna liitteessä 13, jonka avulla voidaan keskuksen tarjoajille antaa kuvaus keskuksen koosta.

4.4.3. Vesiprosessin sähkönsyötön tarve

Vesiprosessin laitteista suurin sähkönkäyttäjä on moottorilähdöt. Seuraavassa on listattu vesiprosessin kuluva sähkönsyötön tarve:

Johdonsuojien määrä:

- Taajuusmuuttajalähdöt 3*3-vaihesyöttö, + 1*1-vaihesyöttö	10
- Suoralähdöt 1*3-vaihesyöttö, + 3*1-vaihesyöttö (varaus 3-vaihelähtöön)	6/12
- Magneettiset virtausmittarit 2*1-vaihesyöttö	2
- AC- ja DC-virtalähteet 2*1-vaihesyöttö	2

Automaatiotekniikan laboraatio- ja valvomotiila:

- Työpöydät, 3-vaihesyöttö*10	30
- Demolaitepisteet 3-vaihesyöttö 2*4+4	16
- Kattilan toimilaitteet sekä huolto- ja mittalaitteiden syötöt, 3-vaihesyöttö*2 + 1*1 vaihesyöttö	7
- Sähkötilan ristikytkennän syöttö 1-vaihesyöttö*1	1
- Koneautomaation työpöydät 3-vaihesyöttö*4+1	16

yht. 96

Keskukseen tulevia sulakepaikkoja tulisi varata siis vähintään 96 kpl. Laajennustarpeeseen ja odottamattomiin lisäyksiin on kuitenkin viisasta lisätä 20% laajennus sulakepaikkoja ajatelle. Lisäyksen myötä johdonsuoja-automaatteja olisi 115 kpl. Kaikki 3-vaihesyötöt työpöydille on 16 A johdonsuoja-automaatin takaa otettuja ja moottorilähdöillä sekä virtausmittareilla, että teholähteillä on kaikilla käytetty etukojena 10 A johdonsuoja-automaattia.

10 A:n johdonsuoja-automaatteja tulisi siis maksimissaan varata 26 kpl moottorilähdöille. Tarkka lähtöjen määrä toki moottorilähtöjen osalta voi myös tippua riippuen lopullisesta ratkaisusta, mikä moottorilähdöille valitaan. Mikäli käytetään sulakkeetonta suojausta, sulakepaikkojen määrä silloin pienenee. Jokaisen lähdön tulisi myös olla suojattuna vikavirtasuojakytkimellä.

4.4.4. Kuormitustehot

Keskuksen kuormitustehojen laskennassa määritellään työpöytien keskusta kuormittavat tehot ja vesiprosessin käyttöjen kuormitukset. Kuormitustehot ovat määritelty puhtaasti arvioimalla työpöytien osalta. Työpöydissä käytettävä tehomäärä on arvioitu n.15 kW:n suuruiseksi. Vesiprosessin laitteiston tehonotto määrittäminen oli tarkempaa, koska prosessin laitteisto oli tiedossa. Määritelmässä saadut huipputehot ovat hyvin yläkanttiin määriteltyjä ja todellinen kuormitus on todellisuudessa alhaisempi ja tehonkulutusta

voidaan rajoittaa ja ohjata tilan käyttöä rajoittamalla, mikäli kuormituksen katsotaan nousevan liian suureksi.

Moottorilähtöjen max.tehot:

$$2200W+2200W+1500W+250W+90W++60W+60W= \mathbf{6,360kW}$$

Työpöytien arvioidut max.tehot:

$$10*1500W+4*1500W+4*1500W= \mathbf{27kW}$$

Sulakkeiden riittävyyden määrittämiseen lasketaan kolmivaihetehon kaavalla kyseisen tehon ottama kuormitusvirta. Kaavassa ei oteta huomioon kuormituksen tehokerrointa, joten oletetaan sen olevan yksi.

$$P = \sqrt{3} * U * I \rightarrow I = \frac{P}{\sqrt{3} * U} \quad (1)$$

$$I = \frac{33360W}{\sqrt{3} * 400V} = \mathbf{48A}$$

Saatuun kuormitusvirran arvoon on kuitenkin lisättävä tehokertoimen vaikutus koska kyse ei ole täysin lineaarisesta kuormituksesta. Tehokertoimen vaikutus huomioon ottaen kuormitusvirran suuruus kasvaisi arviolta n.10-25 %. Tarkan tehokertoimen määrittäminen on mahdotonta tässä vaiheessa suunnittelua, mutta se voidaan arvioida olevan suurempi kuin 0,8. 20 %:n kuormitusvirran lisäyksellä olisi keskusta kuormittava max. virta 56,7 A. 125 A:n pääsulake tässä tapauksessa riittäisi erittäin hyvin ko. kuormituksille.

5. JOHTOTIET

Tässä kappaleessa käsitellään kaapelihyllyjä koskevia määräyksiä, asennukseen kuuluvia seikkoja ja käydään lävitse reittisuunnitelma yleisesti. Kaapelihyllyt sijoitellaan uudelleen automaatiolaboratorioon ja valvomotiloihin. Lähtökohtana oli suunnitella johtotiet kaapelihyllyillä uudelleen tilan muutostöitä varten. Kaapelihyllyt tuli suunnitella siten, että kaapeleiden asennustyöt ja mahdolliset lisäviennit myöhemmin olisi helposti toteutettavissa sekä laboratoriotilan vesiprosessin tilan käyttö optimoitaisiin.

Kaapelihyllyjen reititysten suunnittelussa käytettiin apuna CADS-suunnitteluohjelmaa. Kaapelihyllyjen suunnittelussa tehtiin piirustukset uusien laboratorio- ja valvomotilojen tasopiirustusten mukaan, ja uudet hyllyjen reitit myös piirrettiin ko. tasokuviin. Automaatiolaboratorion vesiprosessi on istutettu rautaiseen kehikkoon, joka tuli piirtää tasokuviin erikseen helpottaakseen kuvien lukua ja näin myös suunnittelua sekä piirtoa. Kaapelihyllyjen sijoittelut on esitetty liitteiden 9-11 tasokuvissa.

Kaapelireititykset tehdään mahdollisesti vanhoja kaapelihyllyjä käyttäen. Tarvittaessa lisähankinnat ovat toki pakollisia. Vanhojen kaapelihyllyjen valmistaja toimii nykyisin eri nimellä ja kyseisestä hyllymallista tietoja oli huonosti saatavilla, joten hyllyjen kuormitettavuudet ja muut tekniset tiedot ovat uuden valmistajan antamia. Uuden valmistajan mallistosta on pyritty hakemaan mahdollisimman paljon vanhoja kaapelihyllyjä kuvaava malli.

5.1. Kaapelihyllyt

Yleistä

Hyllyasennukset tehdään siten, ettei taipuma ylitä 1/200 näkyvillä olevissa kaapelihyllyissä ja valaisinkiskoissa. Teollisuudessa ja piilossa olevissa kaapelihyllyissä ja valaisinkiskoissa taipuma ei saa ylittää 1/100. Käytännössä taipuma 1/200 tarkoittaa, että taipuma esimerkiksi 3 m:n kannatinvälillä saa olla enintään 15 mm. Taipumaa laskettaessa huomioidaan lisäysvarana noin 50 % olemassa olevasta kuormituksesta. Kaapelihyllyjen ja valaisinkiskojen päihin sekä välille jätetään riittävät lämpölaajenemistilat. Alumiinin lämpölaajenemiskerroin on 0,000023 m/°C. Lämpölaajenemisen voi laskea kaavalla:

$$\Delta T * 0,000023 * l \quad (2)$$

Kaapelihyllyjen ja valaisinkiskojen asennuksessa on huomioitava kannakkeiden kuormitettavuus sekä kiinnitys- ja pintamateriaalien riittävä lujuus. Paikoissa, joissa pystyhyllyt ovat alttiina mekaaniselle vaurioitumiselle, hyllyt suojataan 1,5 m:n korkeuteen suojakannella. /7/

5.2. Johtoteiden määrittely

Johtojen ja kiinnitysvälineiden asennukselle kiinnitystavalle on määritelty erillinen ohjeistus ST- kortissa:

- hyllyjen, tikkaiden ja valaisinripustinkiskojen sijoitukset ja asennuskorkeudet huomioiden muiden osapuolten vaatimukset
- kuormitusvaatimukset hyllyille, tikkaille ja kiskoille
- tyypit ja koot sekä materiaali ja pintakäsittely mahdollisine väreineen
- kiinnitystavat kannaketyypeineen ja tiheyksineen
- jatko-, kulma-, risteys- ja nivelkappaleiden tyypit tai/ja niiden tekotavat
- erilaisten läpivientien tekotavat
- rasioiden, kojeiden, valaisimien jne. kiinnitystapa johtoteihin
- hyllyjen käyttötarkoitus ja hyllytilan jako eri järjestelmien kesken sekä em. asioiden merkinnät tiheyksineen
- mahdollinen johtoteiden maadoitus ja niiden yhdistäminen galvaanisesti toisiinsa
- johtojen alasottotavat hyllyiltä ja kiskoilta
- hyllyjen väli toisistaan. /1/

Suunnitelmapiiirustuksissa esitetyt sijoitukset tarkistetaan ennen asennusten aloittamista yhteistyössä muiden urakoitsijoiden kanssa huolellisesti ja mahdolliset muutokset hyväksytetään rakennuttajalla. Sijoituksessa vältetään putkistojen ja kanavien taakse sijoittamista sekä liian korkealle asentamista. /21/

Hyllyt ja kiskot kiinnitetään siten, etteivät ne pääse kallistumaan tai kiertymään pitkittäissuunnassa. Rakenteiden, joihin hyllyt kiinnitetään, on kestävä hyllyjen aiheuttamat kuormitukset. Paikoissa, joissa pystyhyllyt ovat alttiina mekaaniselle vaurioitumiselle, hyllyt suojataan 1,5 m:n korkeuteen suojalevyin. /21/

Alumiiniset kaapelihyllyt

Hyllyjä valmistetaan alumiiniprofiileista, alumiinilevyistä, teräksestä, joka kuumasinkitään, esi- tai jälkisinkityistä teräslevyistä, ruostumattomasta teräksestä, eri muovilaaduista ja komposiittirakenteista. Hyllymateriaalina alumiini on kevyttä ja miellyttävää käsitellä. Se myös kestää syöpymättä vaativissakin olosuhteissa. Myöskään asennettaessa katkaistavat, työstettävät tai mahdollisesti vaurioituneet pinnat eivät syövy.

Alumiinihylly on edukseen teknisesti vaikeissa asennuskohteissa, joissa vaaditaan korroosionkestoa, kuormitettavuutta, pitkiä tukivälejä, tuotteiden helppoa käsiteltävyyttä ja nopeaa asennettavuutta. /23/

Alumiiniset kaapelihyllyt ovat pitkäikäisiä ja kestäviä. Alumiini ei syövy, ime itseensä vettä eikä halkeile tai katkeile lämpötilan vaikutuksesta. Se sietää ultraviolettisäteilyä ja happamien yhdisteiden esimerkiksi ilmansaasteiden vaikutusta. Alumiini kestää hyvin pH-alueella 3-9. Myös alumiinin pakkasenkesto on erinomainen. /23/

Alumiini on korroosion kestävä materiaali. Kaapelihyllyt eivät näin ollen tarvitse erillistä pintakäsittelyä. Joutuessaan kosketukseen ilman kanssa alumiini oksidoiduu ja muodostunut oksidikerros suojaa alumiinia korroosiolta. Vaikka pinta naarmuuntuisi, muodostuu aina uutta oksidikerrosta tilalle. /23/

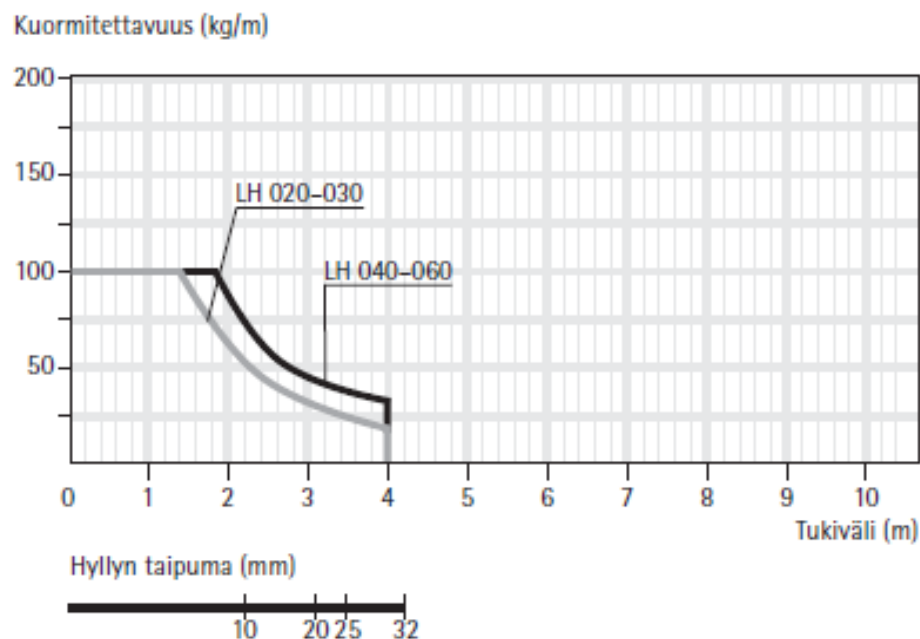
Erinomainen lujuus-painosuhte on alumiinin suurimpia etuja. Materiaalin hyvä muokattavuus ja jäykkyys mahdollistavat keveiden ja tukevien rakenteiden valmistamisen. Keveät sekä helposti käsiteltävät ja muokattavat tuotteet takaavat nopean ja edullisen asennuksen vaikeissakin kohteissa. /23/

5.3. Johtoteiden suunnittelu

Johtoteiden suunnittelussa ensimmäinen vaihe oli tutkia, kuinka tila saataisiin parhaiten hyödynnettyä kaapelihyllyille. Kaapelihyllyt tuli asentaa siten, että tiedonsiirto- ja voimavirtakaapelit kulkisivat eri hyllyillä. Standardeissa määrätään ko. kaapelit asennettavaksi eri hyllyille. Kaapelihyllyt kulkisivat siis kahdessa kerroksessa. Kaapelihyllyt ovat mallimerkinnöiltään Nokia XYHA -nimisiä. Vastaavuudet Nokian kaapelihyllyihin löytyi Systemal Presto -tuote-esitteistä, joista saatiin selville kaapelihyllyjen tekniset tiedot.

Vastaava malli Systemal Prestolta oli LH 030 -kaapelihylly. Kaapelihylly on Systemalin 0-sarjaa. Alla olevassa taulukossa 3 on esitetty ko. kaapelihyllyn kuormitettavuus eri tukiväleillä.

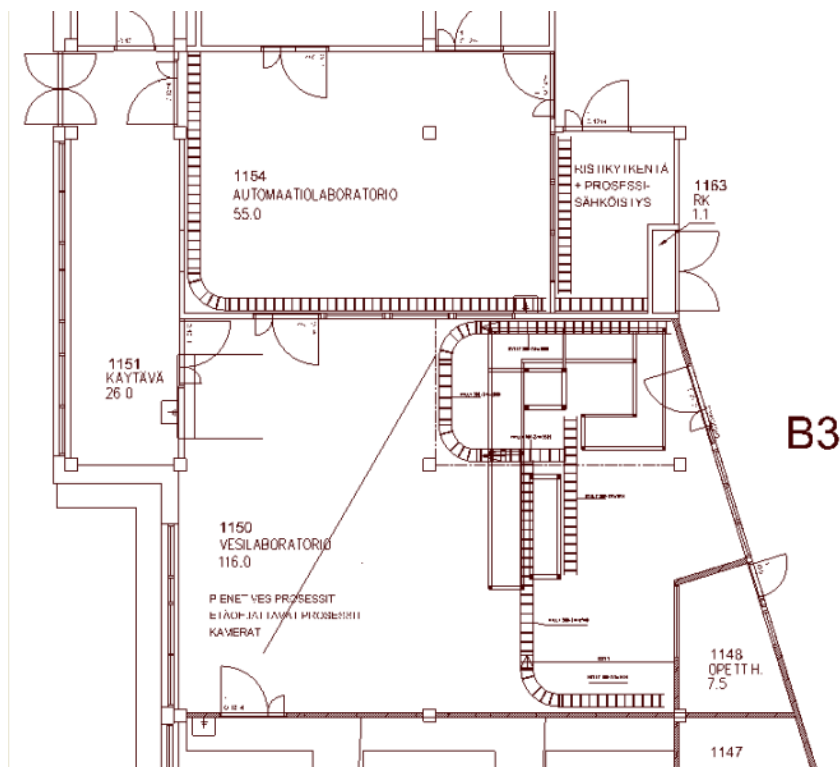
Taulukko 3. Kaapelihyllyjen kuormitustaulukko /22/



Kaapelihyllyille tulevat taakat ovat MCMK- ja MMJ-kaapeleista, joiden suuruus on maksimissaan $2,5 \text{ mm}^2$. MMJ $2,5 \text{ mm}^2$ painoksi valmistajat antavat 150 kg/km , joten metrille jää painoa $0,150 \text{ kg/m}$. Ko. kaapelin leveys on 11 mm , joten 300 mm:n kaapelihyllyyn mahtuu enimmillään 27 kpl $2,5 \text{ mm}^2$ kaapelia. Täysi kaapelihylly metriä kohden painaisi näin ollen 4 kg . Valmistajan ilmoittamassa kuormitustaulukossa on tukivälien etäisyys maksimissaan rajoitettu neljään metriin, joka riittäisi ko. kuormitukselle. Lyhyemmillä osuuksilla tukiväli on tietysti asennusteknisistä syistä pienempi ja kaapelihyllyt vaativat kannatinpalkkeja vähintään kaksi yhtä seinää tai hyllyosuutta kohden. Pienempiä tukivälejä on osittain käytettävä tilan koon vuoksi.

5.4. Reittisuunnitelma

Kaapelihyllyjen reittisuunnitelmaan lähdettiin tekemään tutkimalla laboratoriotilojen ja vesiprosessin ympäristöä. Suunnittelussa tuli ottaa huomioon useita asennukseen ja käytettävyyteen liittyviä seikkoja. Alla olevassa kuvassa 14 on esitetty kaapelihyllyjen reitit, miten ne olisi optimaalisin sijoittaa saneerauksessa. Kaapelihyllyjen piirroksessa on käytetty CADS Planner -suunnitteluohjelmaa. Tilan 1150 eli vesilaboratorion tasokuvaan on piirretty vesiprosessin rautainen tukikehikko, johon vesiprosessi on istutettu ja kaapelihyllyt tarkoitus kiinnittää.



Kuva 13. Kaapelihyllyjen reititykset

Reittisuunnitelmassa on liitteinä tarkemmat kaapelihyllyjen asennuskorkeudet. Asennuskorkeudet on merkitty luettavaksi katosta katsoen. Kaapelihyllyjen kiinnitys

tapahtuu seinän vierustoilla seinäkannattimilla ja tilassa, jossa ei ole seinään kiinnitysmahdollisuutta käytetään kiinnitykseen tukikiskoripustimia.

6. YHTEENVETO

Työn lähtökohtana oli tehdä esisuunnitelma automaatiolaboratorion sähköistyksestä. Sähköistykseen ja sähkösuunnitelmaan kuului laatia suunnitelma vesiprosessin moottorilähdöille, määritellä kuormitustehot sekä suunnitella uudet kaapelireititykset. Työn tarkoituksena on auttaa laitteistojen hankkimisessa ja projektin edetessä. Esisuunnitelma toivon auttavan uuden modernin työ- ja oppimisympäristön toteuttamisessa.

Työn alussa tarkasteltiin olemassa olevaa sähkönsyöttöjärjestelmää ja sen ratkaisuja, joita voitiin hyödyntää työn tekemisessä. Kentällä olevat sähkövoimalaitteet listattiin ylös ja kerättiin tiedot laitteista. Laitekannan kartoittamisella voitiin määritellä sen keskukseen vaikuttavia tekijöitä. Työvaiheet rakennettiin, kun tiedettiin, mitä vesiprosessin ja automaatiolaboratorion tila vaatii toteutusten ja suunnittelun osalta.

Työn tekeminen oli myös hyvin oppia antavaa, koska perehtyminen laitteistoihin, suunnitteluohjelmiin ja tiedonhakuun oli välttämätöntä. Nykyaikainen teknologia on ominaisuuksiltaan osittain jopa liian kattava vesiprosessin tarpeeseen nähden, mutta yhtenä kriteerinä oli tietysti myös oppimisympäristönä toimiminen, joten esitetyt suunnitelmat ovat siihen nähden erittäin harkintakelpoisia.

Pieniä vaikeuksia työn tekemisessä tuotti se, että automaatiolaboratorion laitteiston lisäyksestä ei ollut tarkkaa tietoa, mutta asiat selvisivät työn edetessä. Suunnittelussa piirikaavioiden luonti CADS-ohjelmistolla vaati myös pientä päivitystä ohjelman käyttämisen osalta.

Työssä saavutettuihin tuloksiin ja ratkaisuihin voi olla tyytyväinen. Asetettujen tavoitteiden puitteissa onnistuttiin luomaan esisuunnitelma, jolla voidaan edistää saneerausurakan etenemistä automaatiolaboratorion sähköistysten osalta.

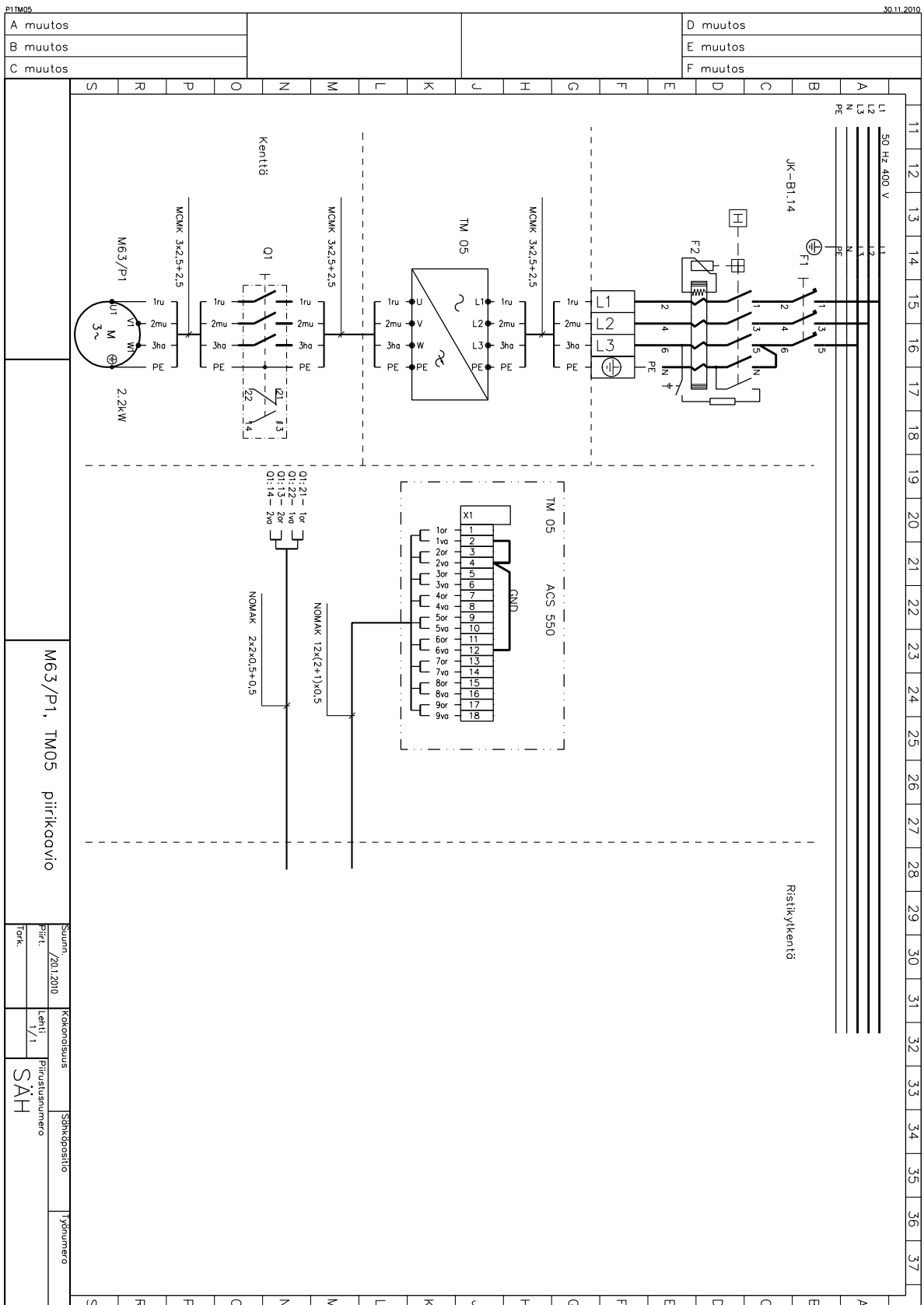
7. LÄHDELUETTELO

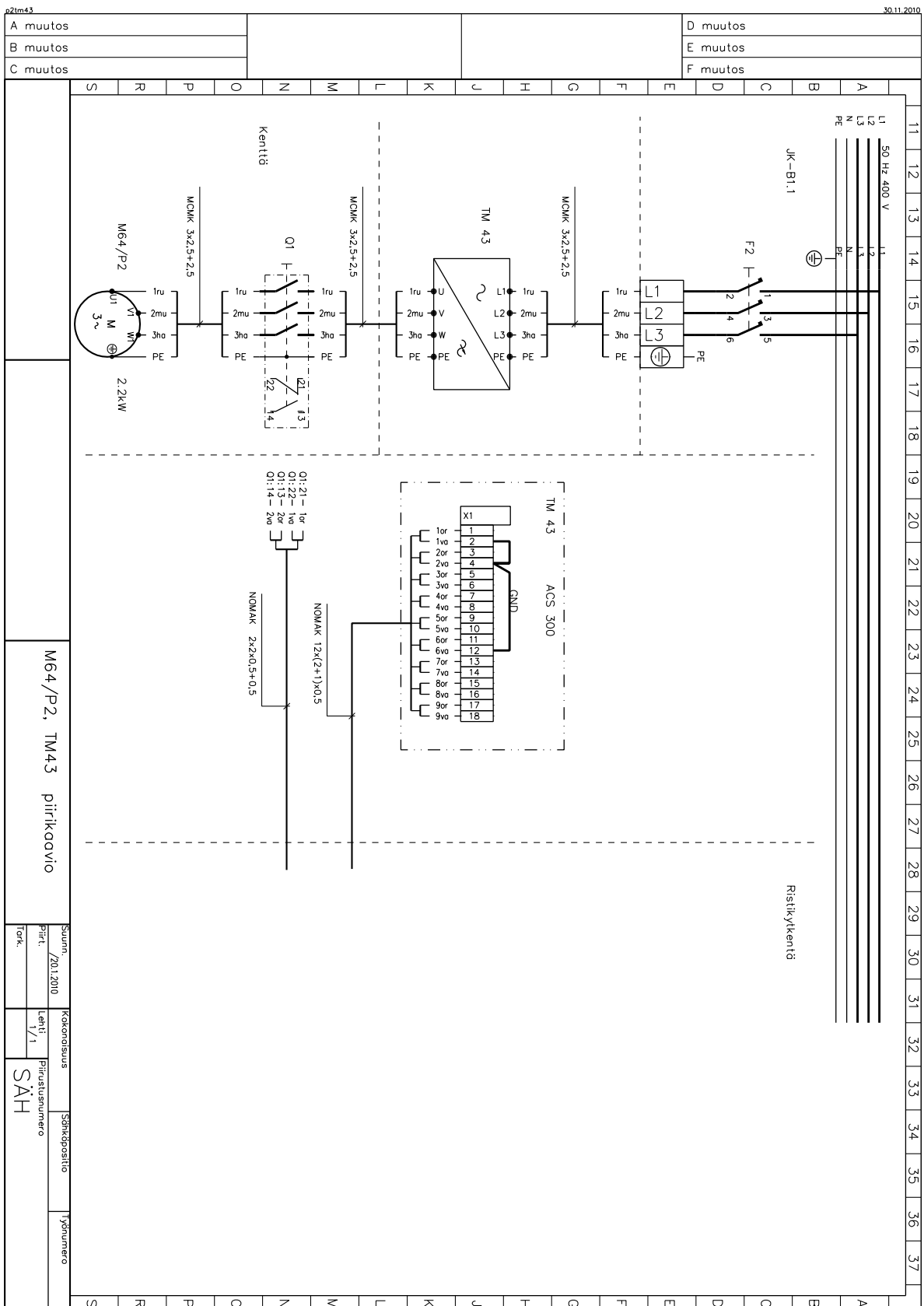
- /1/ Autio, Isto, Sähkö Info Oy, ST- kortti 51,13, pdf, 2006.
- /2/ Elkontrol LTD, Simocode 3UF Motor Management and Control Devices, [WWW-dokumentti].
http://www.elkontrol.com/downloads/siemens/74_1.pdf >23.09.2010.
- /3/ Jokisalo, Tommi, Lannoitetehtaan ohjausjärjestelmän modernisointi, 2008, [WWW-dokumentti].
<https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/651/Jokisalo%20Tommi.pdf?sequence=1> > 18.09.2010.
- /4/ Korpinen, Leena, Sähkövoimatekniikanopus, pdf.
http://www.leenakorpinen.fi/archive/svt_opus/7sahkoturvallisuus.pdf, 31.3.2010.
- /5/ Kärjä, Markku, Simocode, [WWW-dokumentti].
http://www.siemens.com/finland/fi/industry/teollisuuden_tuotteet_ja_ratkaisut/tuotesivut/pienjannitekojeet/kytkenta_suojaus_ja_ohjaus/simocode_alykas_moottorinsuojaus.htm >17.09.2010.
- /6/ Lilja, Kari, Schneider Uutiset, [WWW-dokumentti].
<http://fi.snb.leon.se/Downloads/PDF/asiakaslehdet%20alk.%20032006/Schneider-Uutiset%200107scr.pdf> > 04.10.2010.
- /7/ Meka Pro Oy, Valaisinkisko ja Hyllyt, [WWW-dokumentti].
http://www.meka.eu/sivu/fi/tuotteet/teknisia_tietoja/ohjeet/hyllyt_valaisinkiskot/ > 20.11.2010.
- /8/ Mäkinen, Markku J.J, Kallio, Raimo, Teollisuuden sähköasennukset. Otava, 2004.
- /9/ Nikki, Henri Markus, Prosessin käyttöönotto ja viritys Simatic S7 –logiikan avulla, opinnäytetyö, Kemi-Tornion ammattikorkeakoulu, 2009.
- /10/ Nummela, Timo, Automaatioseminaari, [WWW-dokumentti].
<http://www.automaatioseura.fi/AP99/tiivistelmat/te7.html> >25.10.2010.
- /11/ Phoenix Contact, Signaali muuntimet, releet ja teholahteet, [WWW-dokumentti].
<http://www.phoenixcontact.fi/automaatiokomponentit/242.htm> 25.10.2010.
- /12/ Provendör Oy, [WWW-dokumentti].
<http://www.provender.fi/index.php?page=siemenssimocode> > 23.09.2010.
- /13/ Provendör Oy, [WWW-dokumentti].
<http://www.provender.fi/siemens/manuals/Simocode%20pro%20ominaisuudet.PDF> >21.09.2010.

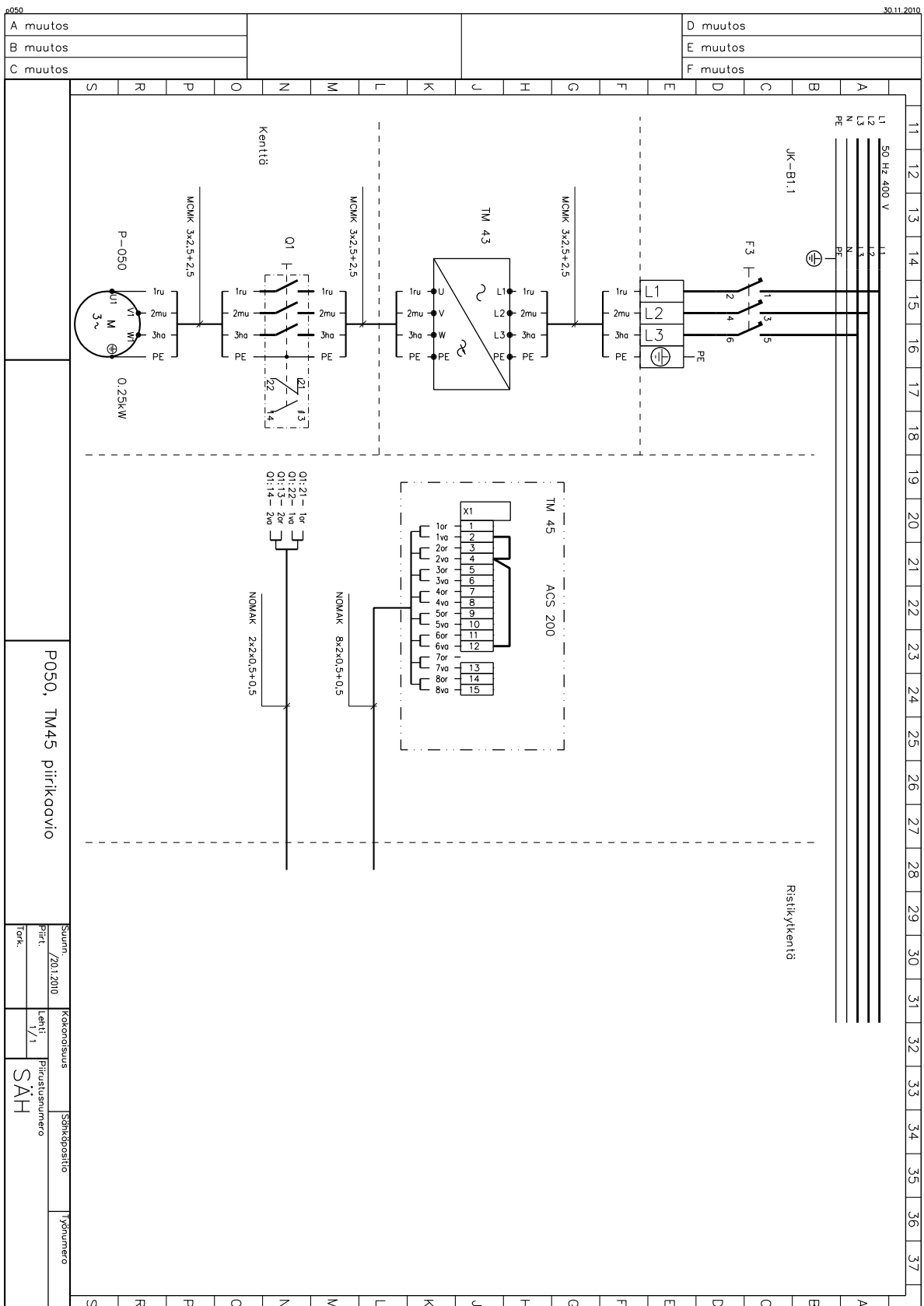
- /14/ Schneider Electric Oy, Automaatio Uutiset, [WWW-dokumentti].
http://fi.schneider-electric.nu/ONEWEB/Automaatiouutiset/AutomaatioUutiset1_09_scr.pdf
>05.10.2010.
- /15/ Schneider Electric Oy, TeSys moottorikäynnistin tehon ohjaukseen, [WWW-dokumentti].
http://fi.snb.leon.se/Downloads/PCP/TeSysU_A4.pdf >12.10.2010.
- /16/ Schneider Electric Oy, Teollisuusautomaatio, [WWW-dokumentti].
<http://ecatalogue.schneider-electric.fi/ProductSheet.aspx?productId=600324&groupid=33023&navid=24953&navoption=1> >30.09.2010.
- /17/ Schneider Electric Oy, Tesys U Moottorikäynnistimet, [WWW-dokumentti].
<http://fi.snb.leon.se/produkter/products.asp?GroupString=|5292|5029|5080|&ID=100722&BrandID=3542> > 30.09.2010.
- /18/ SFS-käsikirja 154, Jakokeskukset, Suomen Standardisoimisliitto, 2. painos, 2005.
- /19/ SFS-käsikirja 16, Moottorikeskukset ja ohjelmoitavat ohjaukset, Suomen Standardisoimisliitto, 5. painos, 2003.
- 20/ SFS 600 Pienjänniteasennukset ja sähköturvallisuus, Suomen Standardisoimisliitto, 1. painos, 2004.
- /21/ Siemens AG 2007, [WWW-dokumentti].
http://www.siemens.com/finland/pool/products/industry/iadt_is/tuotteet/pienjannitekojeet/kytkenta_suojaus_ja_ohjaus/simocode/lv90_simocode_fi.pdf 25.09.2010.
- /22/ Systemal Presto kaapelihyllyt ja valaisinkiskot, www-dokumentti, pdf.
http://nordicaluminium.alnetti.com/files/pdf/tuotemyynti/SYSTEMAL_presto_FI_WEB.pdf > 25.11.2010.
- /23/ Tiainen, Esa, Sähköasennukset 1, Painokurki, 2008.

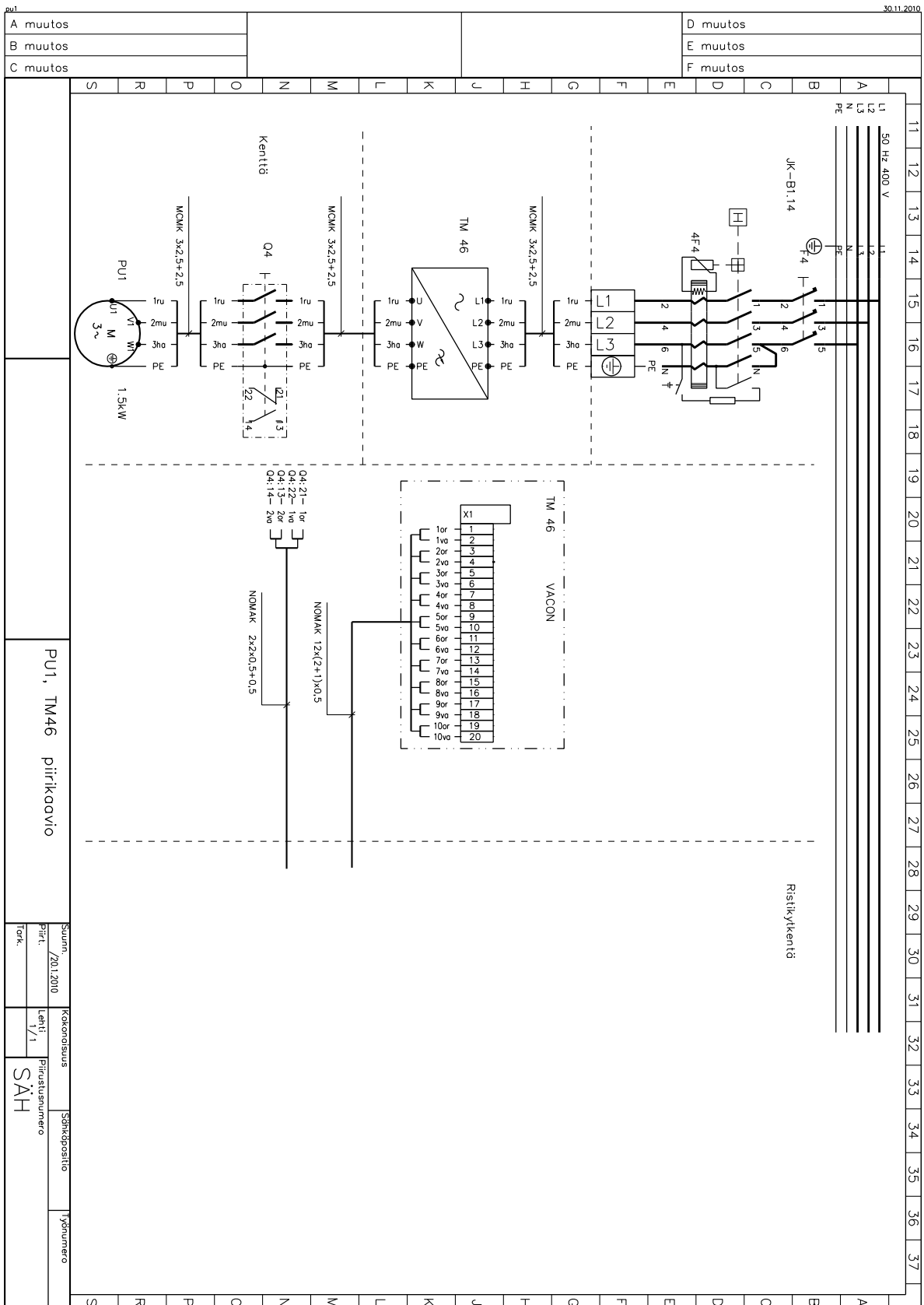
8. LIITELUETTELO

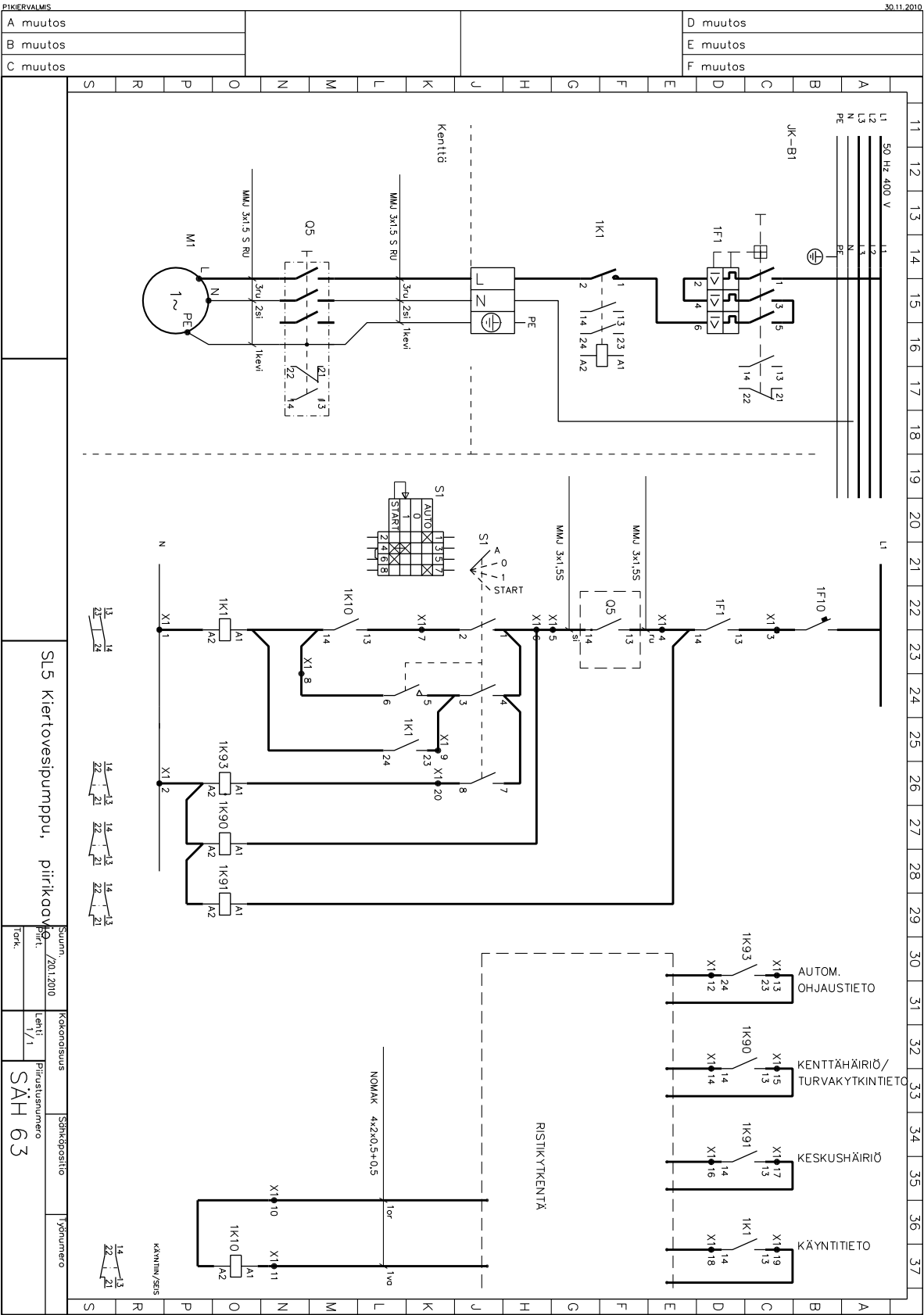
LIITE 1	TM05 piirikaavio
LIITE 2	TM43 piirikaavio
LIITE 3	TM45 piirikaavio
LIITE 4	TM46 piirikaavio
LIITE 5	SL7 kiertovesipumpun piirikaavio
LIITE 6	Kattilan kiertovesipumpun piirikaavio
LIITE 7	P4 piirikaavio
LIITE 8	Hätäseispiirin piirikaavio
LIITE 9	Kaapelihyllyjen tasokuva, tila 1150
LIITE 10	Kaapelihyllyjen tasokuva, tila 1154/1163
LIITE 11	Kaapelihyllyjen tasokuvat, tilat 1150, 1154 ja 1163
LIITE 12	Taajuusmuuttajien sijoituspaikka
LIITE 13	Keskukseen tuleva laitteisto

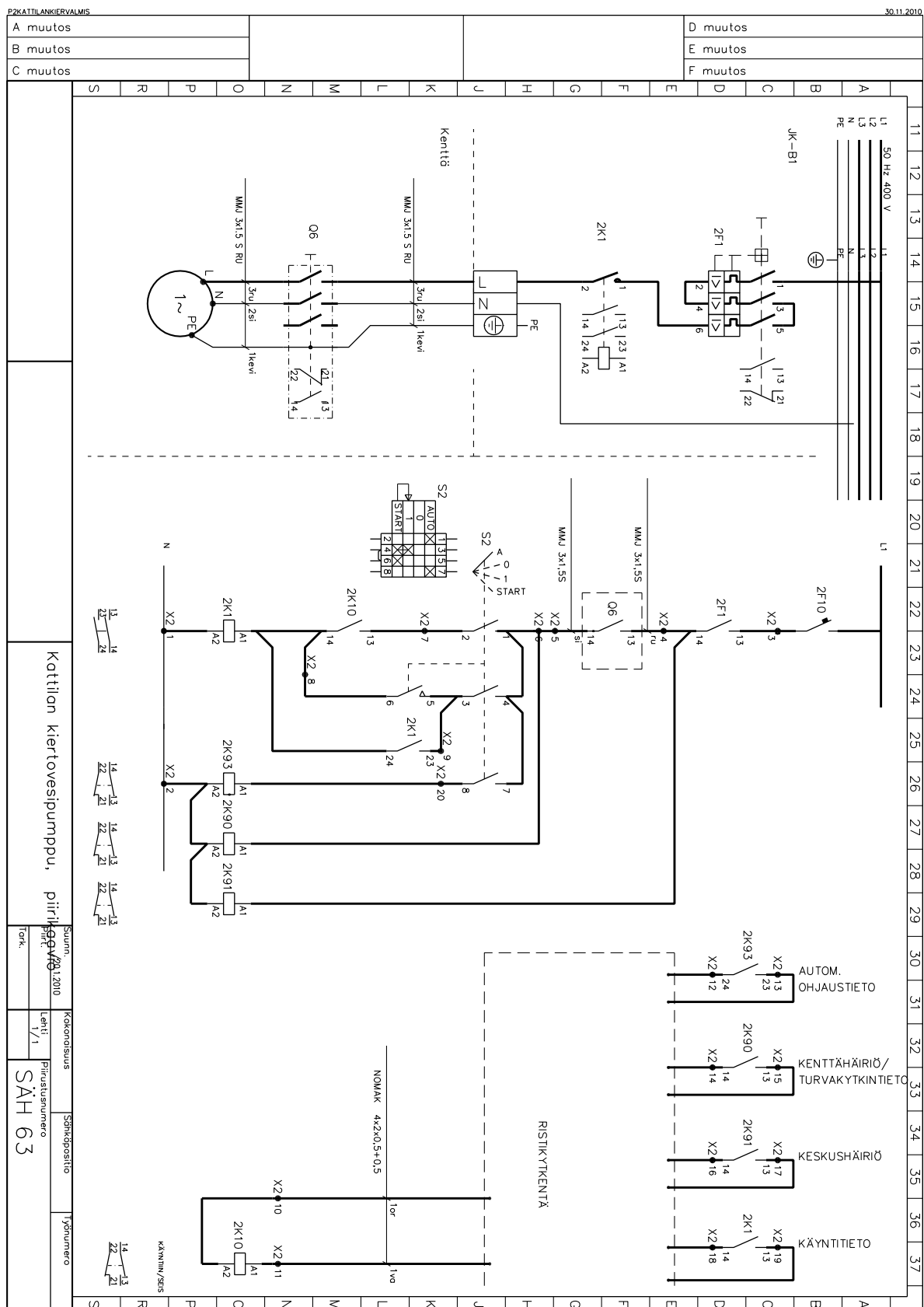


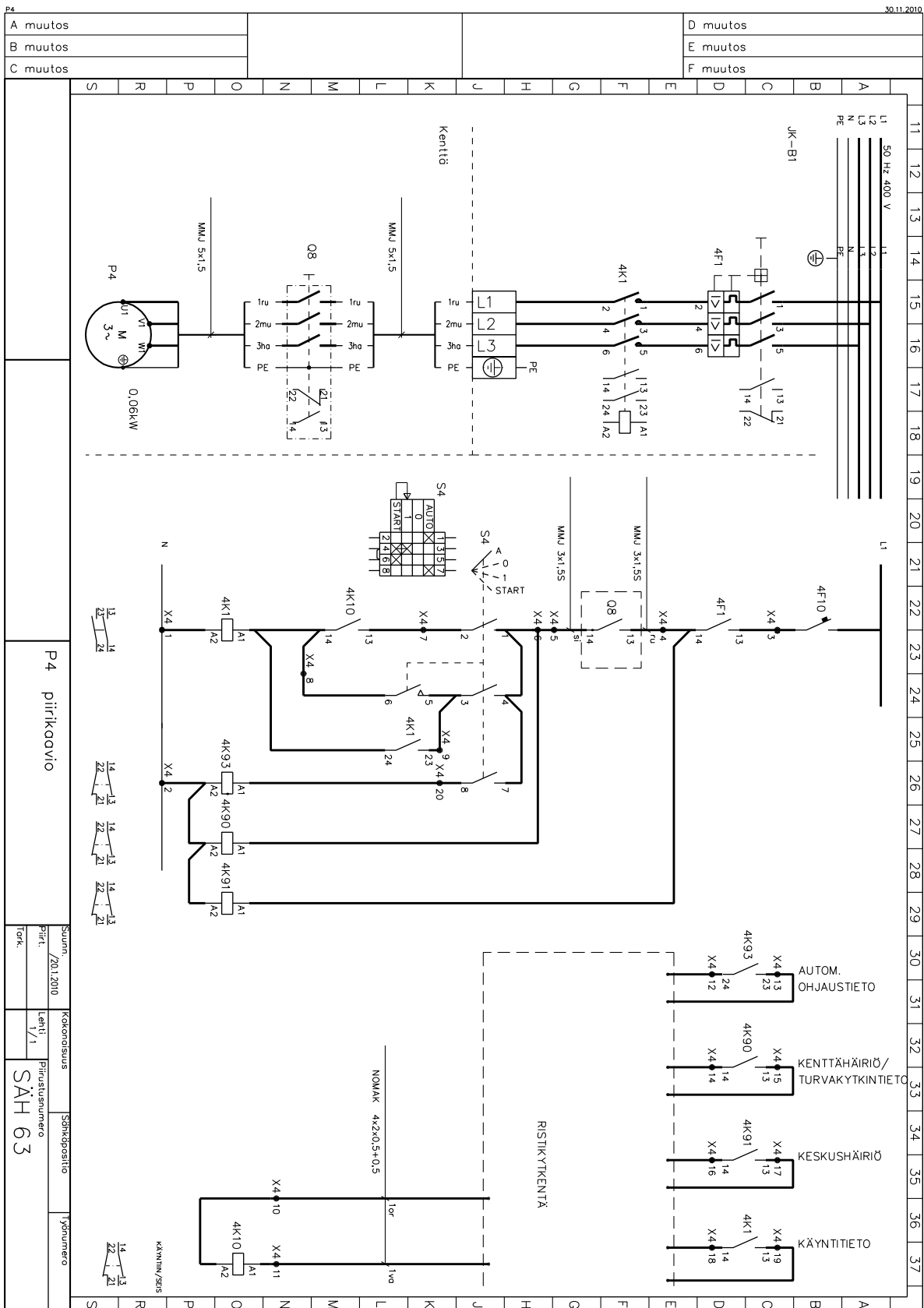


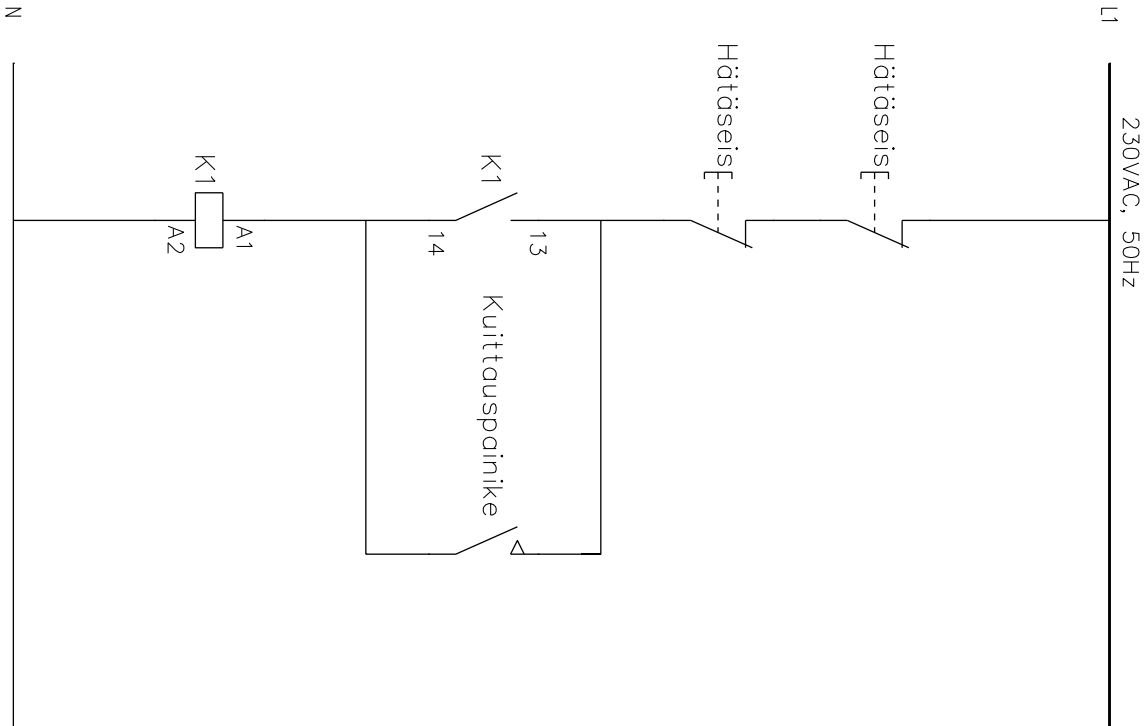


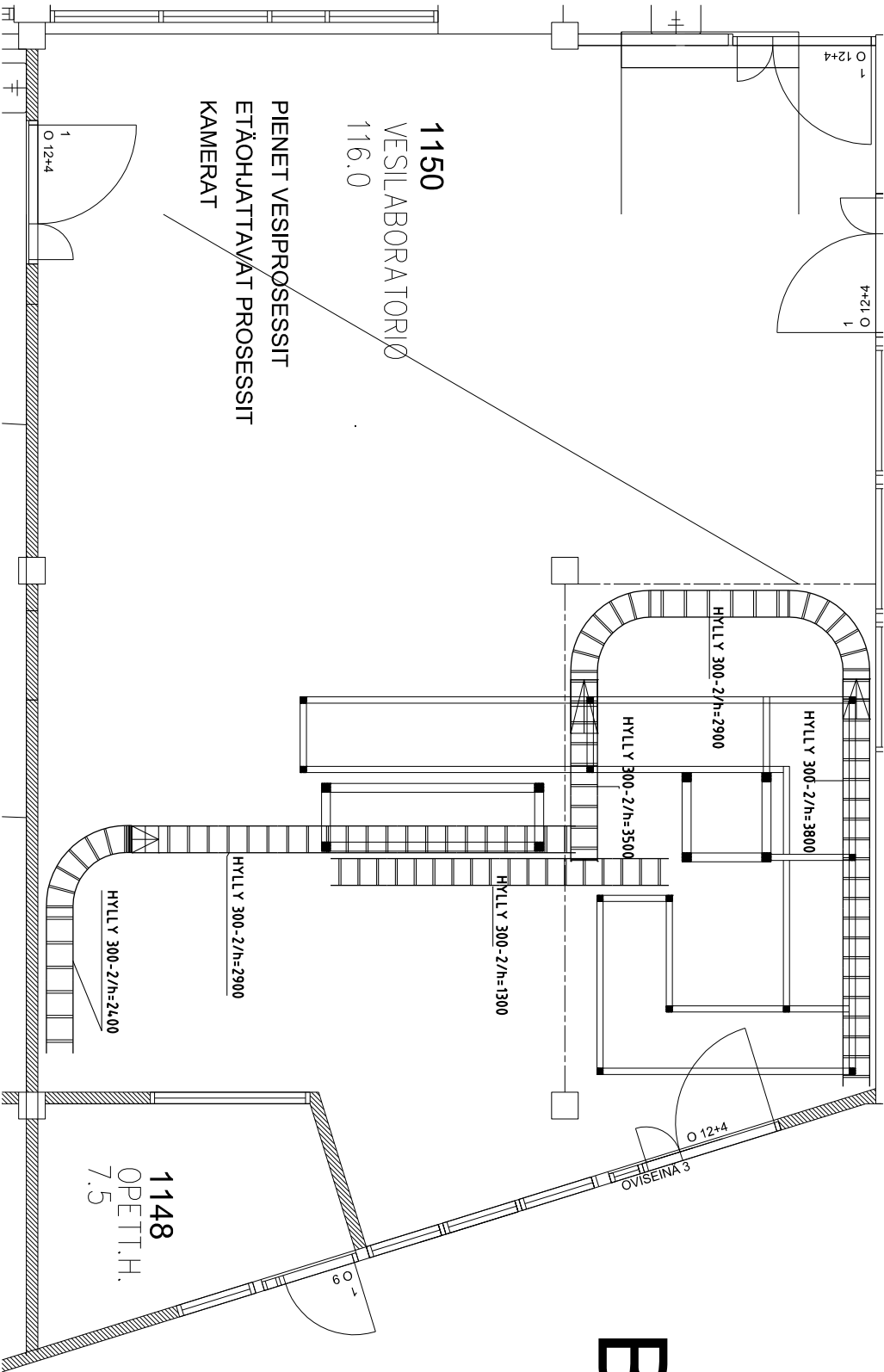




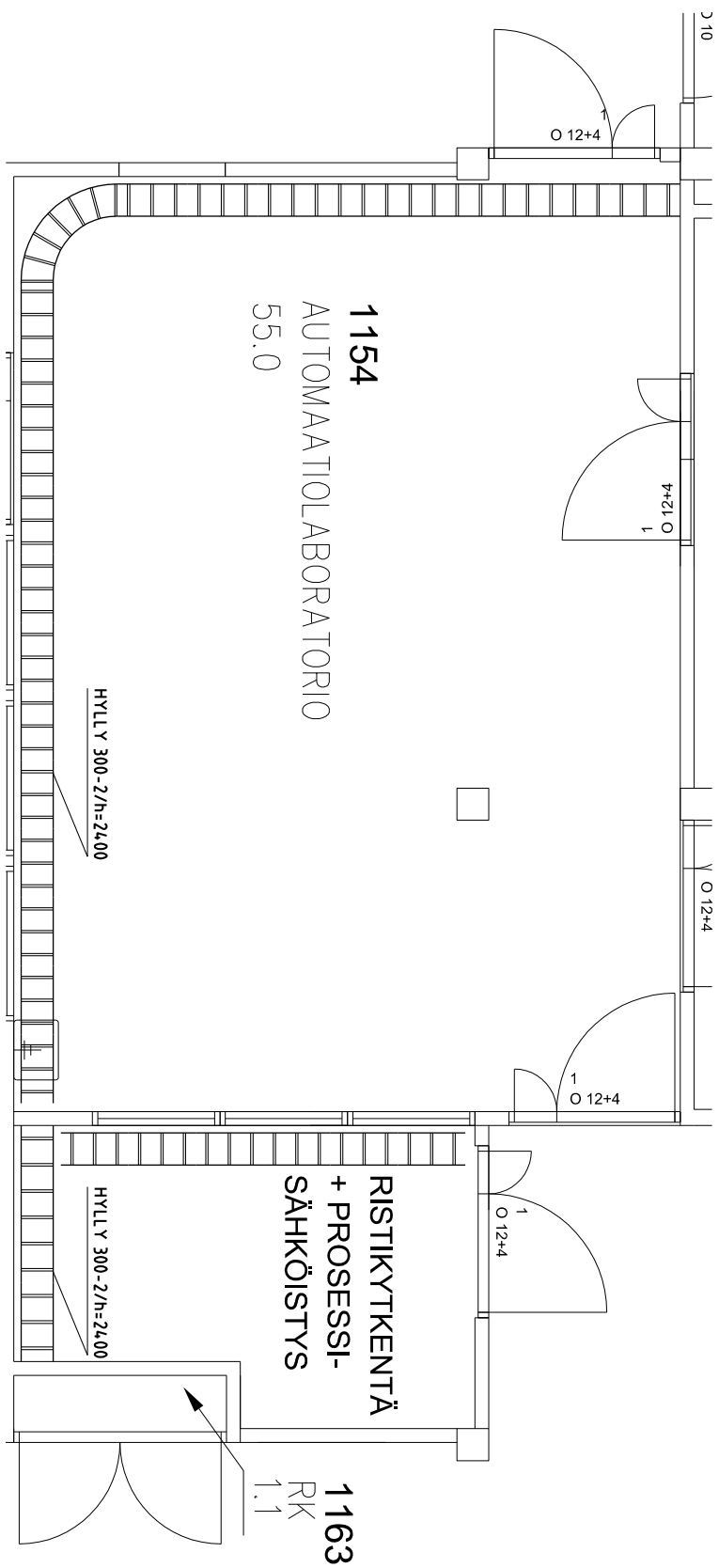


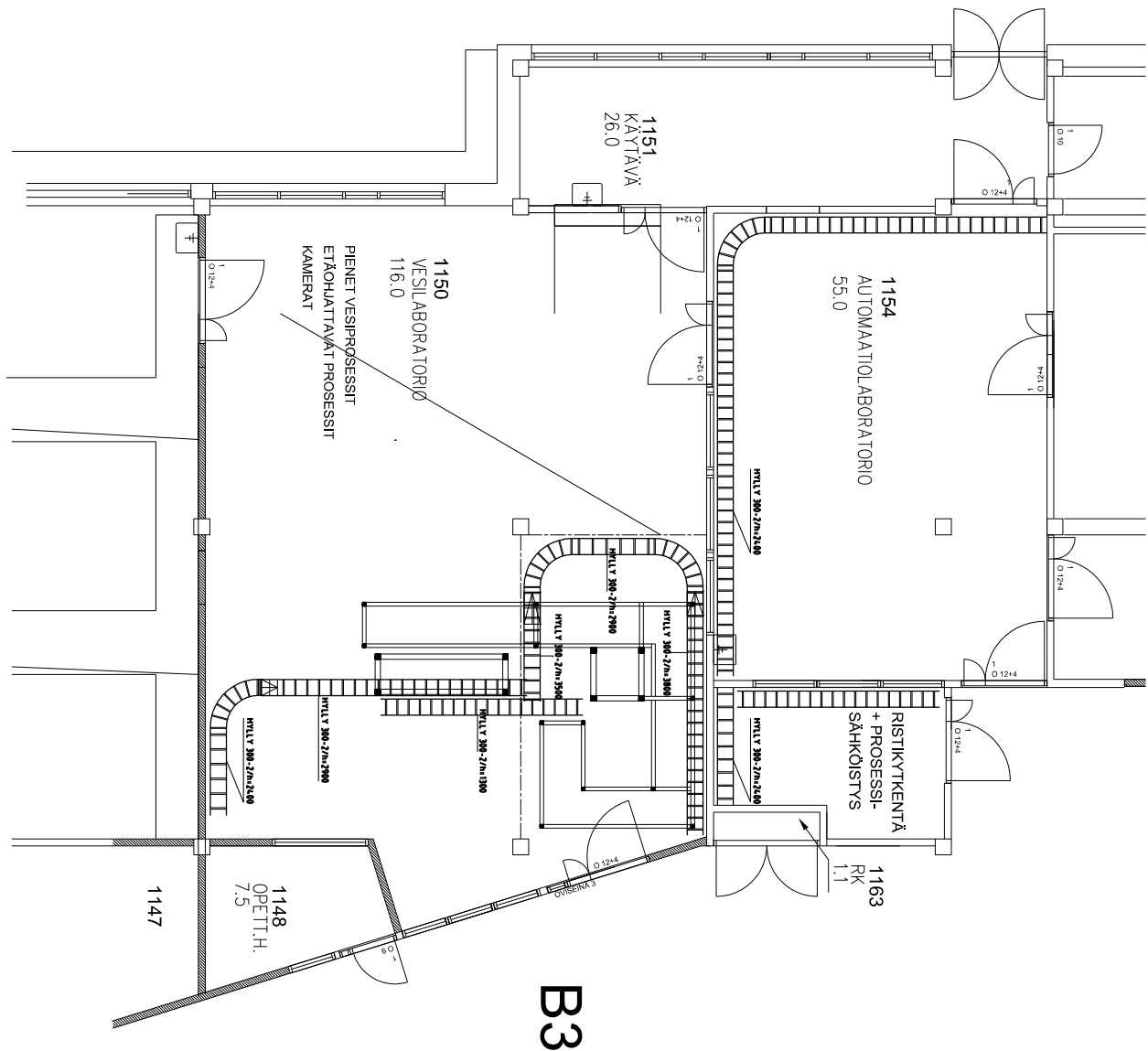


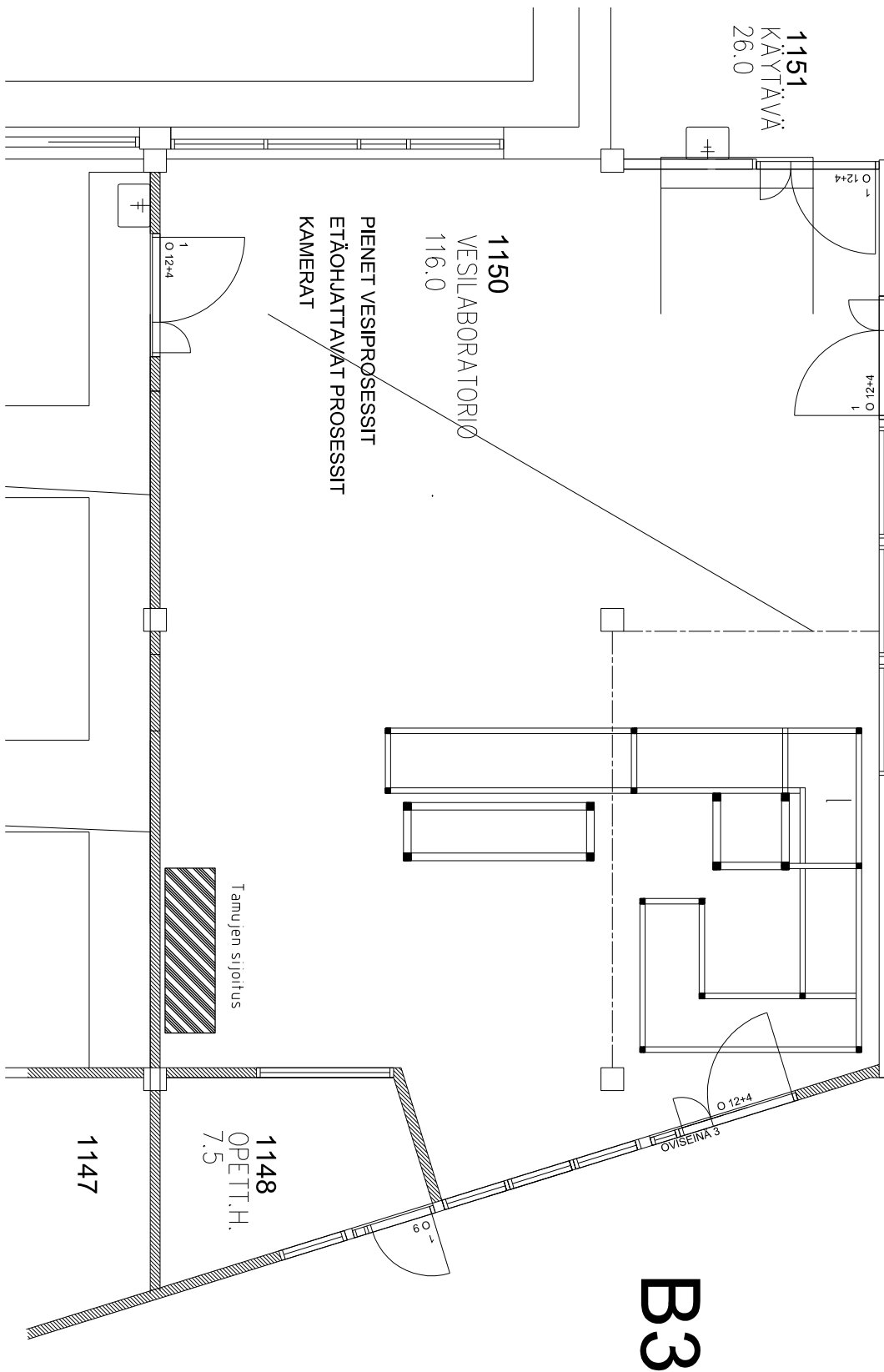




B3







Keskukseen tuleva laitteisto:

- Etukojeet 125A
- Pääkytkin
- Johdonsuoja-automaatit (sis. 20% lisäys) 115kpl.
- Vikavirtasuojat jokaiselle lähdölle
- Moottorilähdöt, 3kpl suora lähtöä
- Hätäseis-piirin kontaktori
- AC- ja DC-virtalähteet.